

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Pětipodlažní obytný dům z materiálů na bázi dřeva.

Five-storey house made of wooden-based materials.

Student:

Bc. Kristýna Papugová

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Kristýna Papugová**

Studijní program: N3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3607T037 Konstrukce staveb

Téma: **Pětipodlažní obytný dům z materiálů na bázi dřeva.
Five-storey house made of wooden-based materials**

Zásady pro vypracování:

Cíl: Návrh dispozičního, stavebního a konstrukčního řešení pětipodlažního obytného domu, navrženého na bázi dřeva a splňujícího kriteria nízkoeenergetického standardu.

V rámci diplomové práce vypracujte:

1. Rešerše historických i současných konstrukčních systémů vícepodlažních domů na bázi dřeva.
2. Variantní dispoziční řešení pětipodlažního obytného domu.
3. Návrh variant konstrukčního řešení nosné konstrukce domu a volba optimální varianty.
4. Návrh a posouzení skladeb stěn, stropů a střechy z hlediska tepelné techniky, akustiky a požární odolnosti.
5. Návrh a posouzení vybraných rozhodujících nosných prvků a spojů zvolené varianty nosné konstrukce domu v mezním stavu únosnosti i použitelnosti podle příslušných evropských norem.
6. Návrh a posouzení prvků zajišťujících prostorovou tuhost objektu.
7. Navrhnete způsob založení domu ve zvolené lokalitě.

Seznam doporučené odborné literatury:

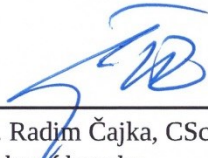
- 1) ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 2) Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 1. Navrhování a konstrukční materiály. Vydal Koželouh, B. – KODR Zlín, 1998.
- 3) Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 2. Navrhování detailů a nosných systémů. Vydal Informační centrum ČKAIT, 2004.
- 4) Natterer, J. O. et al., Holzbau Atlas, Birkhauser – Verlag für Architektur, 2003, Basel, Schweiz, ISBN 3-7643-6984-1
- 5) Kolb, J., Dřevostavby, Grada, 2007.
- 6) Vaverka, J. a kol., Dřevostavby pro bydlení, Grada, 2008.
- 7) Příručka 1 a 2, <http://fast10.vsb.cz/temtis/cz>, 2008.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

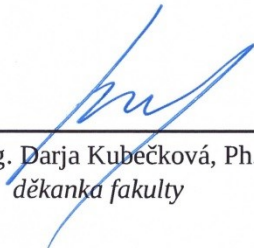
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2013

Datum odevzdání: 02.12.2013


prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 2. 12. 2013

.....

Bc. Kristýna Papugová

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 2. 12. 2013

.....

Bc. Kristýna Papugová

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na návrh a statické posouzení pětipodlažního obytného domu z materiálů na bázi dřeva. Součástí práce je rešerše historických i současných konstrukčních systémů vícepodlažních domů na bázi dřeva a také variantní dispoziční řešení. V práci jsou řešeny skladby jednotlivých konstrukcí tak, aby vyhovovaly požadavkům na tepelnou techniku, akustiku a požární odolnost. V hlavní části je statické posouzení nosných prvků, spojů a ztužení konstrukce. Nosná konstrukce stropu je řešena ve třech variantách. V závěru práce jsem srovnala dvě možnosti založení objektu.

Počet stran: 198

Klíčová slova

obytný dům, rešerše, dispozice, dřevo, tepelná technika, akustika, požární odolnost, statické posouzení, spoje, strop, založení

Annotation

The aim of diploma thesis is design and static assessment of five-storey house made of wooden-based materials. A part of this thesis is research of historical and contemporary structural systems of multi-storey buildings made of wooden-based materials and also disposition solutions. The work dealt with the composition of individual constructions to meet the requirements for heat engineering, acoustics and fire resistance. The main part is about a static assessment of structural elements, connections, and structural bracing. The carrier structure of the ceiling is solved in three variants. At the conclusion I compared two possibilities of foundation of the building.

Number of pages: 198

Keywords:

house, research, disposition, wood, thermal technology, acoustics, fire protection, static assessment, connections, ceiling, foundation

| | |
|--|-----|
| Obsah | |
| 1. Úvod | 1 |
| 2. Rešerše historických i současných konstrukčních systémů vícepodlažních domů na bázi dřeva | 2 |
| 2.1 Srubové stavby | 2 |
| 2.2 Hrázděné stavby | 3 |
| 2.3 Balloon-Frame, Platform-Frame | 4 |
| 2.4 Rámové stavby | 5 |
| 2.5 Skeletové stavby | 6 |
| 2.6 Stavby z masivního dřeva | 9 |
| 3. Konstrukční řešení | 11 |
| 3.1 Nosný systém | 11 |
| 3.2 Vyztužení konstrukce | 14 |
| 3.3 Způsob založení | 15 |
| 3.4 Návrh konstrukce stropů | 16 |
| 3.5 Návrh konstrukce balkonů | 17 |
| 3.6. Plášť budovy a vizualizace | 19 |
| 4. Dispoziční řešení | 20 |
| 5. Návrh a posouzení skladeb stěn, stropů a střechy | 22 |
| 5.1 Posouzení z hlediska tepelné techniky | 33 |
| 5.2 Posouzení z hlediska akustiky | 36 |
| 5.3 Posouzení z hlediska požární odolnosti | 38 |
| 6. Zatížení | 43 |
| 6.1 Stálé zatížení | 43 |
| 6.2 Užitné zatížení | 44 |
| 6.3 Proměnné zatížení | 44 |
| 7. Ztužení | 48 |
| 8. Posouzení stropní konstrukce | 56 |
| 8.1 Stropnice varianta 1 | 57 |
| 8.2 Stropnice varianta 2 | 63 |
| 8.3 Stropnice varianta 3 | 74 |
| 8.4 Srovnání variant stropu | 87 |
| 8.5 Hlavní nosník | 89 |
| 9. Posouzení střešní konstrukce | 95 |
| 9.1 Stropnice | 95 |
| 9.2 Hlavní nosník | 105 |
| 10. Sloup | 112 |

| | |
|--|-----|
| 10.1 Stlačení sloupu | 119 |
| 11. Spoje | 123 |
| 11.1 Napojení stropnic na průvlak | 123 |
| 11.2 Spoje na ocelovou botku | 126 |
| 11.3 Spoj konce ztužidla s průvlakem | 136 |
| 12. Posouzení balkonové konstrukce | 145 |
| 12.1 Posouzení nosníku balkonu | 145 |
| 12.2 Posouzení hlavních nosníků balkonu | 155 |
| 12.3 Posouzení nosníku střechy balkonu | 163 |
| 12.4 Posouzení příčlí střechy balkonu | 172 |
| 12.5 Sloup balkonu | 176 |
| 12.6 Připojení nosníku na příčel | 180 |
| 12.7 Spoj příčle se sloupem | 182 |
| 13. Založení | 187 |
| 13.1 Posouzení základové patky | 187 |
| 13.2 Posouzení základového pásu | 189 |
| 13.3 Srovnání variant základové patky a základového pásu | 191 |
| 13.4 Posouzení patního plechu a kotevních šroubů | 192 |
| 13.5 Posouzení spoje sloupu s patkou | 194 |
| 14. Závěr | 198 |
| Poděkování | 199 |
| Použitá literatura | 200 |
| Přílohy | 202 |
| 1. Výstupy z programu tepelná technika | 202 |
| 2. Technické listy použitých konstrukcí | 209 |
| 3. Schéma výkresů: | |
| 01 PŮDORYS VARIANTA A | |
| 02 PŮDORYS VARIANTA B | |
| 03 PŮDORYS VARIANTA C | |
| 04 PŮDORYS VARIANTA D | |
| 05 ŘEZ A-A' | |

1. Úvod

Dřevo je přírodní obnovitelný ekologický konstrukční materiál, který si v současné době získává čím dál větší oblibu. Vícepodlažní dřevostavby jsou trendem v Kanadě, Spojených Státech a v zemích Skandinávie, kde jejich výška není omezena při splnění protipožárních pravidel. Vícepodlažní dřevostavby se začínají objevovat i u nás, kde je ale počet podlaží zatím omezen požární výškou 12 m, která je měřena od podlahy prvního nadzemního podlaží k podlaze posledního nadzemního podlaží [15], což odpovídá při konstrukční výšce 3 m pěti nadzemním podlažím. Jednou z výhod dřevostaveb je i možnost prefabrikace, čímž lze výrazně zkrátit dobu výstavby.

Při návrhu dřevostavby se musí zvážit i řešení z hlediska tepelné techniky, akustiky a požární odolnosti. Pro návrh konstrukce v nízkoenergetickém standardu musí obvodový plášť, střecha a podlaha na terénu vyhovět minimálně doporučeným hodnotám prostupu tepla. U mezipatrových příček a mezipatrových stropů se musíme zaměřit na akustiku, skladby musí splnit požadavky na vzduchovou neprůzvučnost a strop ještě na kročejovou neprůzvučnost. Vzduchová neprůzvučnost roste s plošnou hmotností materiálu, proto jsou v tomto směru lepší například konstrukce zděné nebo betonové, jako nosnou konstrukci stropu jsem vytvořila i variantu dřevěných nosníků spřažených s betonovou deskou. V dnešní době už ale existuje velká nabídka zvuk pohlcujících úprav stěn a stropů. Většinou se používají akustické sádrokartonové desky, které zároveň řeší požární odolnost. Třída reakce na oheň sádrokartonových desek je A, patří tedy mezi nehořlavé materiály.

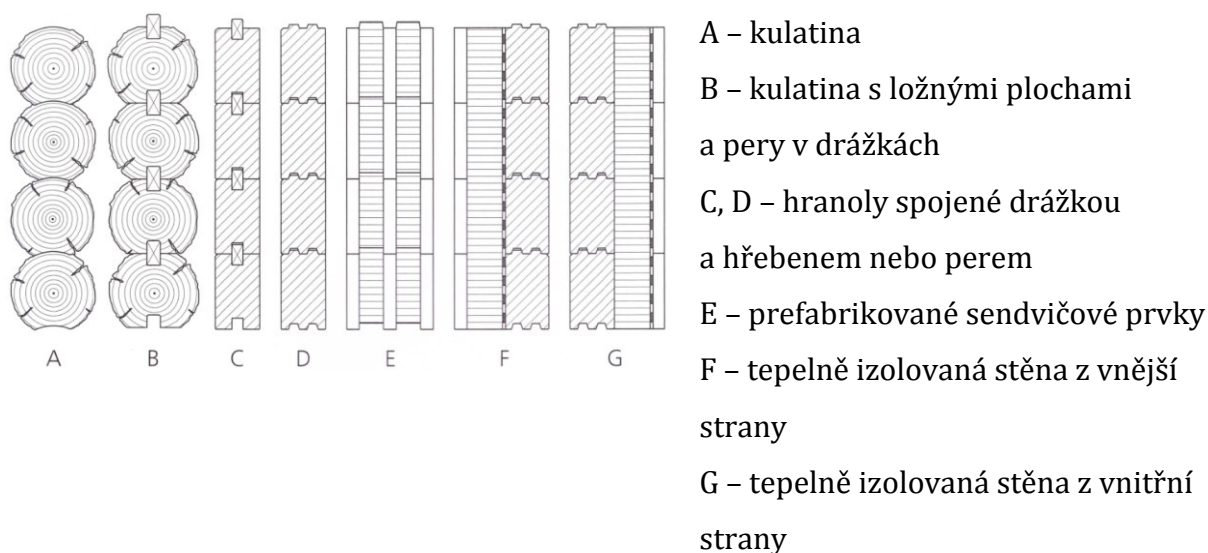
Cílem mé práce je navrhnout pětipodlažní dřevostavbu obytného domu, která bude dispozičně variabilní, bude vyhovovat požadavkům na tepelnou techniku, akustiku a požární odolnost. V hlavní části práce se věnuju statickému posouzení jednotlivých nosných prvků a spojů a taky jejich konstrukčnímu řešení. Konstrukce stropu a návrh založení je řešen variantně.

2. Rešerše historických i současných konstrukčních systémů vícepodlažních domů na bázi dřeva

Jako první se objevovaly srubové stavby, které vystřídaly stavby hrázděné. Z hrázděných staveb byly v Americe vyvinuty systémy Balloon-Frame a Platform-Frame, které se používají dodnes hlavně pro jedno a dvoupodlažní domy. U vícepodlažních staveb se osvědčily a jsou dále vyvíjeny systémy typu rámových staveb v přizpůsobeném typu, skeletové stavby a stavby z masivního dřeva. [20]

2.1 Srubové stavby

Tyto stavby jsou nejstarším typem dřevostaveb. Jedná se o stavbu z kulatiny nebo hraněných hranolů, které jsou skládány na sebe. V dnešní době se kulatina a hranoly nahrazují lepenými prvky a vzhledem ke stále vzrůstajícím nárokům na tepelnou pohodu se také přidává tepelná izolace. Vývoj systému srubových staveb je patrný z obrázku 2.1. Na obrázku 2.2 je ukázka vícepodlažního srubu v Pagig. [20]



Obr. 2.1 Vývoj srubových staveb [20]



Obr. 2.2 Starý a nový dům v srubové konstrukci [20]

Srubové stavby nejsou příliš vhodné pro vícepodlažní výstavbu, z důvodu velké spotřeby dřeva. Jsou také nákladné a pracné. Dalším problémem je velké sedání.

2.2 Hrázděné stavby

Hrázděné stavby tvoří dřevěná kostra, která přenáší svislé zatížení a výplňové zdivo převážně z cihel, které zajišťuje smykovou pevnost. Kostra je z vnější strany přiznaná. Hrázděné stavby se stavěly spíše tam, kde nebylo dostatek dřeva na srubové stavby. V dnešní době se hrázděné stavby nestaví, nahradily je novější konstrukční systémy ze dřeva a desek na bázi dřeva. Ukázka hrázděného domu v Maiz je na obrázku 2.3. [20]



Obr. 2.3 Hrázděný dům v Mainz [27]

2.3 Balloon-Frame, Platform-Frame

Tyto dva konstrukční systémy vznikly v Americe, tento žebrový stavební systém se skládá ze sloupků, které jsou v malých vzdálenostech od sebe a jsou vyztuženy obklady z prken nebo desek na bázi dřeva. Vzhledem k nízké prefabrikaci jsou tyto stavby pracné a výstavba trvá poměrně dlouho. [20]

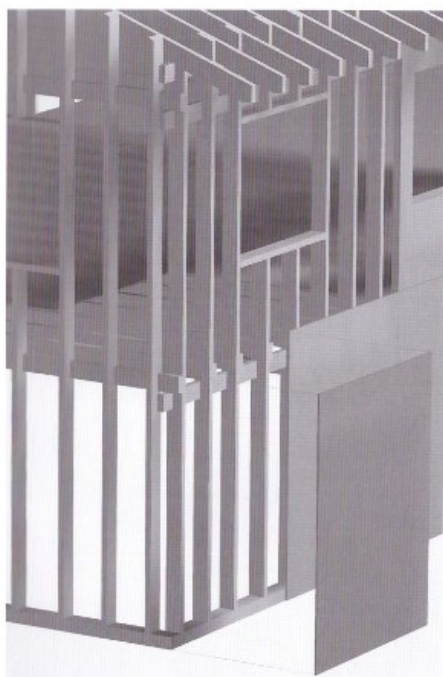
Balloon-Frame

Konstrukční systém charakteristický průběžnými sloupky, které probíhají přes dvě a více podlaží. Stropní nosníky jsou uloženy na vaznici, která je zapuštěna do drážky ve dřevě.

Platform-Frame

Tento konstrukční systém umožňuje větší míru prefabrikace, sloupky jsou v místě stropu přerušeny a stropní nosníky jsou uloženy na vaznici, která je uložena na sloupcích shora.

Ukázka těchto dvou konstrukčních systémů je na obrázku 2.4.



Balloon-Frame



Platform-Frame

Obr. 2.4 – Sloupkové systémy Balloon-Frame a Platform-Frame [20]

2.4 Rámové stavby

Dnešní rámové stavby se skládají z tyčové nosné kostry, která přenáší svislé zatížení a ztužujících prvků z desek na bázi dřeva, které tvoří opláštění. Předchůdce pro tento systém jsou systémy Balloon-Frame a Platform-Frame. U tohoto systému se jednotlivé stěnové i stropní dílce vyrábí ve výrobních halách a na stavbu se dováží již smontované. Velikost jednotlivých dílců je omezena hlavně dopravou. Největší výhodou těchto staveb je rychlost výstavby. Prefabrikované dílce je možno na stavbě smontovat za jeden až dva dny. [20]

Montáž rámových staveb začíná osazením dřevěných prahů, prahy se osadí na maltové lůžko tloušťky 20 až 30 mm. Dřevěné prahy se mohou také vynechat, v tom případě se budou stěnové dílce osazovat přímo na maltové lůžko a kotvit přes úhelníky přímo do betonu. Mezi betonem a dřevem musí vždy být izolace proti vztlínání vlhkosti.

Stěnové dílce se montují po patrech, musí se zajistit řádné připojení staticky účinného pláště ve stycích se sousedními konstrukčními prvky, dle statického výpočtu. Jako spojovací prostředky se nejčastěji používají hřebíky a vruty do dřeva.

Stropy se dělají celodřevěné nebo trémové a také se vyrábí ve výrobních halách. U stropů se musí zajistit, aby byl schopen přenášet vodorovné smykové síly a to horním případně i dolním opláštěním OSB deskou nebo jiným deskovým materiálem na bázi dřeva. Připojení desky k nosníkům pomocí hřebíků se musí staticky posoudit.

Na obrázku 2.5 je ukázka rámové stavby, jedná se komplex bytových domů v Brně Heršpicích realizované firmou RD Rýmařov.



Obr. 2.5 třípodlažní obytné domy, Brno – Dolní Heršpice [28]

2.5 Skeletové stavby

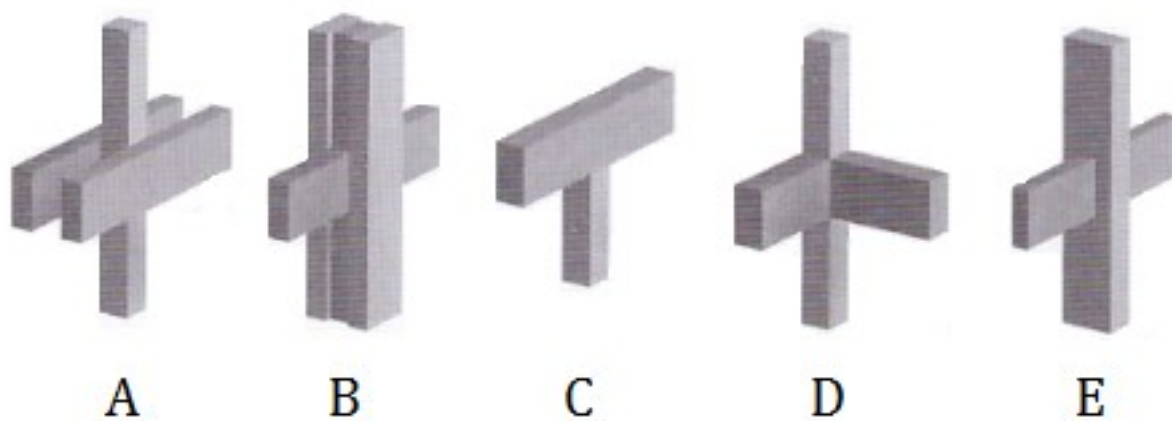
U skeletových staveb jsou hlavní nosné prvky tvořeny sloupy, nosníky a výztužnými prvky v pravidelném rastru. Stropy jako vedlejší nosné prvky jsou tvořeny z nosníků

nebo z plošných prefabrikovaných dílců. Jako materiál se používá rostlé dřevo nebo častěji lepené lamelové dřevo, které umožňuje vytvářet průřezy různých velikostí a dokáže tak přenášet velká zatížení. Jako spojovací prvky se používají ocelové prvky. Tuhost ve vodorovném směru se zajišťuje zavětrovacími pásy, deskami na bázi dřeva nebo ocelovými diagonálami. Tuhost ve svislém směru se zajišťuje systémem tlačných vzpěr nebo tažených diagonál ze dřeva nebo oceli, deskami na bázi dřeva nebo masivními vestavbami. [20]

Plášť budovy může být umístěn vně, mezi nebo uvnitř nosné konstrukce. Z hlediska tepelné techniky se doporučuje umístění pláště vně, tak aby nevznikaly tepelné mosty.

Hlavní výhodou skeletových staveb je dispoziční variabilita, architektonická volnost, nezávislost stěn oddělujících prostor na nosné konstrukci, což umožňuje vytvoření prosklených fasád a jiných architektonických prvků.

U Skeletových staveb rozlišujeme 5 základních typů konstrukce, které jsou znázorněny na obrázku 2.6. Volba optimální varianty závisí na zvoleném rastru, architektonickém řešení a působících zatížení.



Obr. 2.6 Typy konstrukcí skeletových staveb [20]

Typ A – Sloup a dvojitý nosník

Tento typ se nazývá také kleštinový, u tohoto typu se stropní nosníky ukládají většinou na hlavní nosník, což vyžaduje velkou konstrukční výšku stropu. Dvojitě zhlaví kleštin je

většinou viditelné z vnější strany konstrukce a tvoří tak výrazný architektonický prvek. Vzhledem k požadavkům na tepelnou techniku je ale vhodné prostupy konstrukcí omezit na minimum. Spoje jsou prováděny pomocí svorníků, vkládaných hmoždíků, přeplátováním nebo ocelovými prvky. [20]

Typ B – Nosník a dvojitý sloup

Tento typ tvoří sloup složený ze dvou částí a jím probíhá nosník. Sloup musí být ve většině případů doplněn vnitřní vložkou, kvůli jinak velké štíhlosti a požární odolnosti. Vnitřní vložka se může využít jako podpěra pro nosníky. Spoj musí být zajištěn ocelovými prvky. Konstrukce stropu se může uložit na nosníky shora nebo mohou být nosníky stropu zarovnané s hlavním nosníkem a tím se zmenší konstrukční výška stropu. [20]

Typ C – Nosníky uložené na sloupech

Tento typ je vhodný zejména pro jednopodlažní stavby s plochou střechou, nosníky střechy jsou pak uloženy na hlavní nosníky shora nebo tak aby byly ve stejné rovině, kvůli menší konstrukční výšce stropu. [20]

Typ D – Sloup a přilehlý nosník

Výhoda tohoto systému spočívá v možnosti uchycení hlavních nosníků ze všech čtyř stran v jedné rovině. Spoje se provádí pomocí profilovaného plechu, příchytok nosníků a rýhovaných hřebíků nebo pomocí desek z ploché oceli a svorníků. Nosná konstrukce stropu pak může být na nosníky uložena shora nebo může být v jedné rovině. [20]

Typ E – Vidlicový sloup

Tento systém se skládá z průběžného hlavního nosníku a vidlicového sloupu, který probíhá přes jedno podlaží. Sloupy se vzájemně spojují přes vložené ocelové plechy a svorníky. Výhodou tohoto systému je jednoduchost a zajištění polohy hlavního nosníku. [20]

Ukázka dřevěného skeletu je na obrázku 2.7 kde je budova školy v Biel ve Švýcarsku.

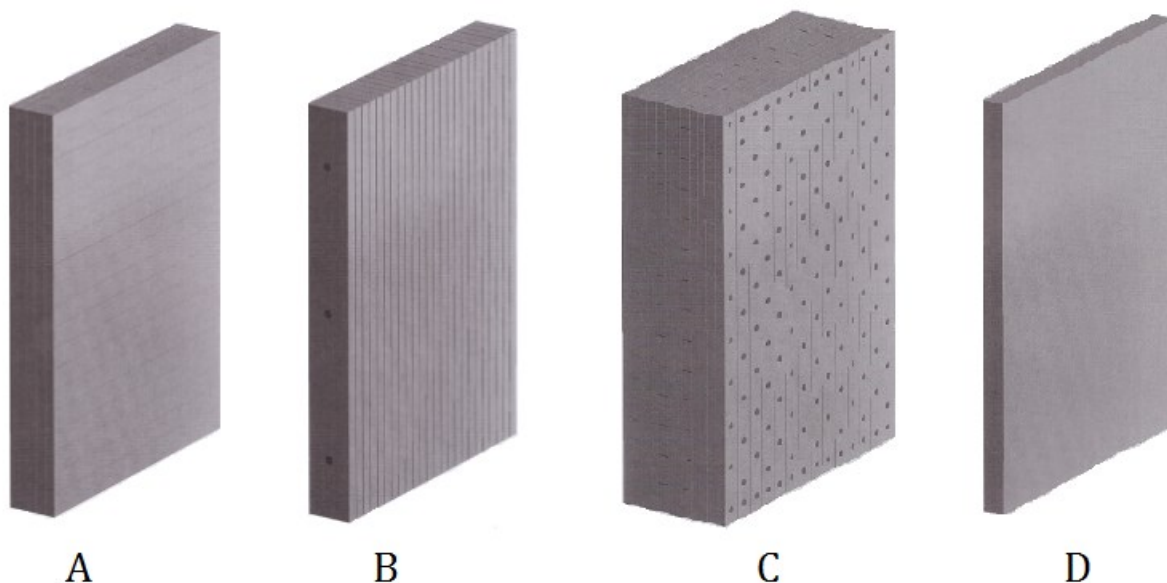


obr. 2.7 Budova školy v Biel ve Švýcarsku [20]

2.6 Stavby z masivního dřeva

Tyto stavby se sestávají z plošných dílců stěn, stropů a střech, které jsou nosné a vytvářejí prostor. K přenosu zatížení dochází přes plošný nosný systém. Zateplení konstrukce se provádí jako vnější kontaktní zateplovací systém. [20]

Plošné dílce se dělají z masivního dřeva nebo méně často z desek na bázi dřeva. Příklady nejčastějších konstrukčních systémů jsou na obrázku 2.8.



Obr. 2.8 – Konstrukce stěnových dílců [20]

Typ A – Křížově slepené řezivo

Vzniká slepením prken smrkového nebo jedlového řeziva do kříže, tak že jednotlivé vrstvy jdoucí za sebou jsou na sebe kolmé. Takto slepené desky mají vysokou tvarovou stálost a přenášejí zatížení v obou směrech, přičemž se rozlišuje hlavní a vedlejší nosný směr. Jejich tloušťka se pohybuje od 50 do 300 mm.

Typ B – Vrstvené řezivo

Tyto dílce jsou tvořeny z prken nastojato, prkna probíhají většinou po celé délce dílce nebo se dají nastavovat zubovitým spojem, tloušťka prken je 20 až 50 mm. V příčném směru jsou prkna vzájemně spojovány pomocí kolíků, hřebíků nebo se vzájemně na sebe lepí, tím se vytvoří homogenní plošný dílec. Dílce mají tloušťku 80 až 240 mm.

Typ C – Křížově kolíkové dílce

Dílce jsou tvořeny jádrem tloušťky 60 až 80 mm, které tvoří prkna nastojato a na tyto prkna jsou z obou stran připojeny kolíky vodorovné, svislé a diagonální prkna ve více vrstvách. Výrobci kolíkových dílců nepoužívají při výrobě žádná lepidla ani ocel nebo se je aspoň snaží snížit na minimum, stavba se pak stává čistě „přírodní“.

Typ D – Materiály na bázi dřeva

Plošné dílce lze vyrobit i z deskových materiálů na bázi dřeva, tím že jednotlivé dílce se k sobě navzájem slepují. U OSB desky se tloušťky dílců pohybují od 25 do 250 mm.

Na obrázku 2.9 je ukázka stavby z masivního dřeva, kde byly použity křížově kolíkové dílce. Jedná se o pětipodlažní obytný dům Woodcube v Hamburku.

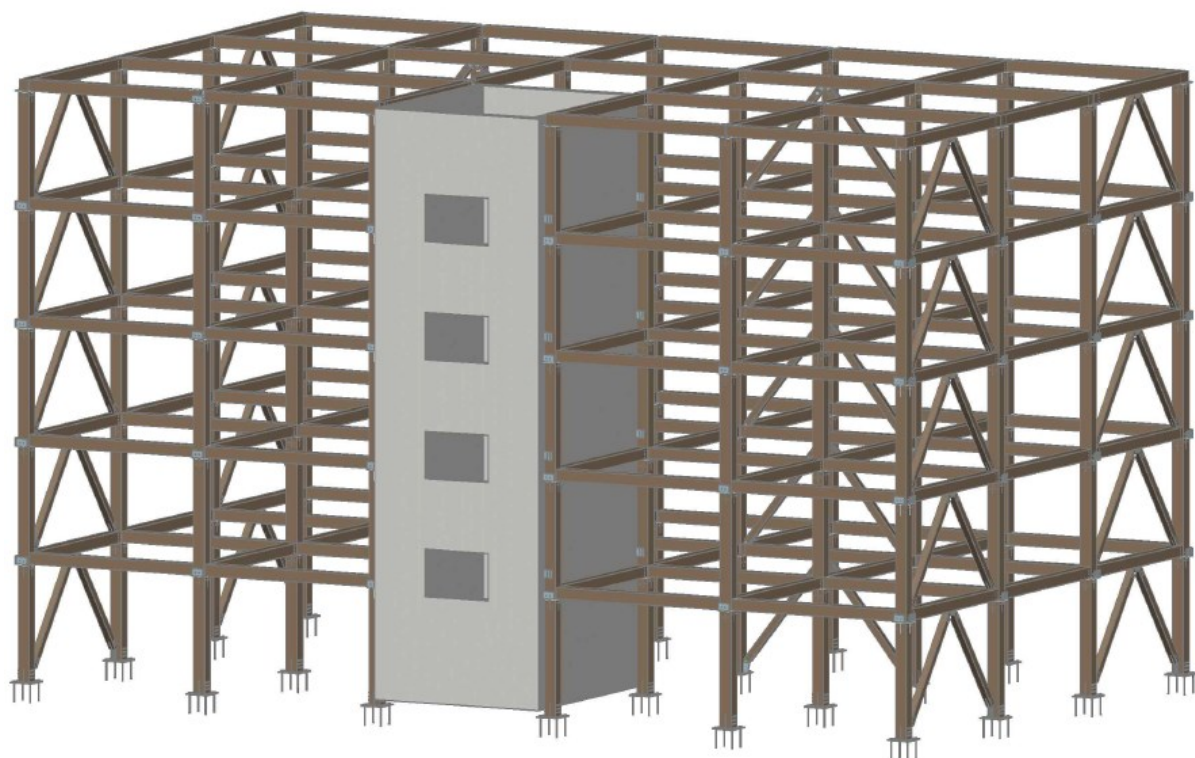
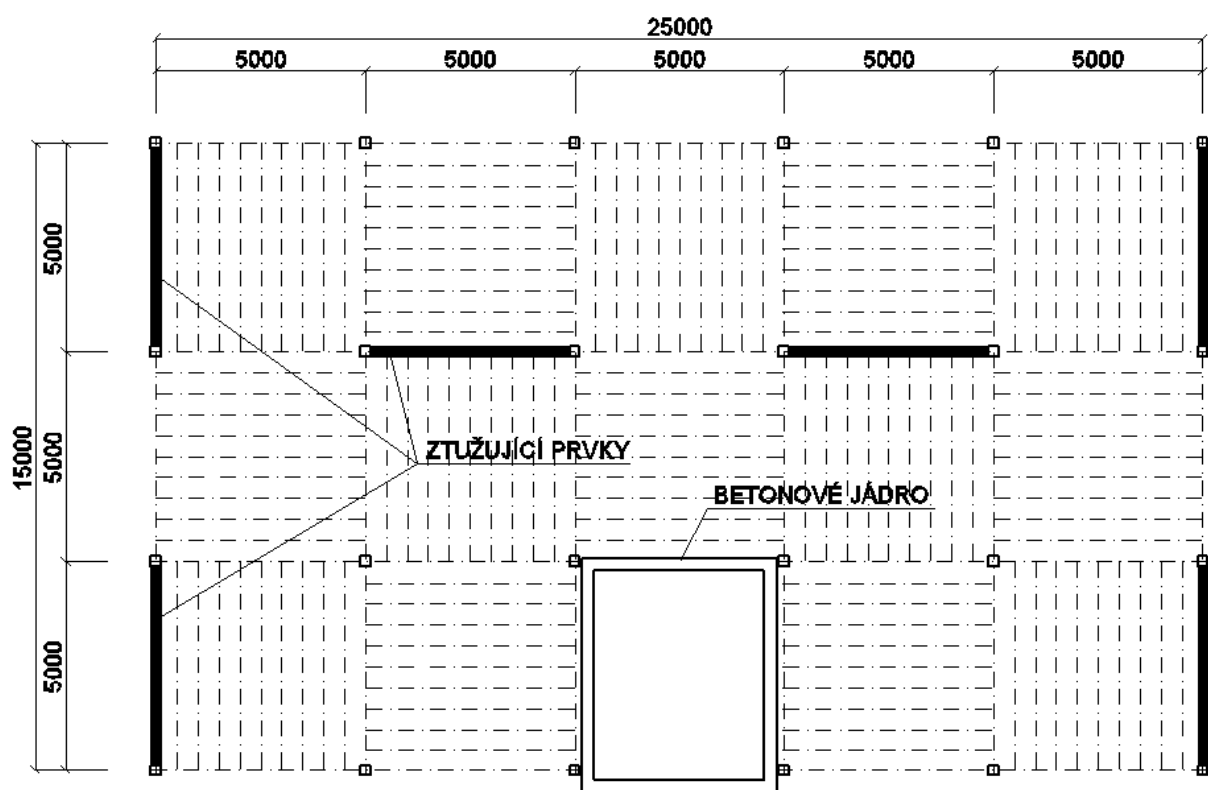


Obr. 2.9 – Woodcube v Hamburku [20]

3. Konstrukční řešení

3.1 Nosný systém

Jako nosný systém pro pětipodlažní dřevostavbu připadá v úvahu rámová konstrukce, skeletová konstrukce a stavba z masivního dřeva. Aby byla dosažena největší dispoziční variabilita zvolila jsem skeletový systém v rastru 5 x 5 m. Stropní nosníky budou na hlavní nosníky uloženy šachovnicově, aby byly zatížené co nejméně a jejich průřez mohl být co nejmenší. Půdorysné schéma a 3D zobrazení je na obrázku 3.1.

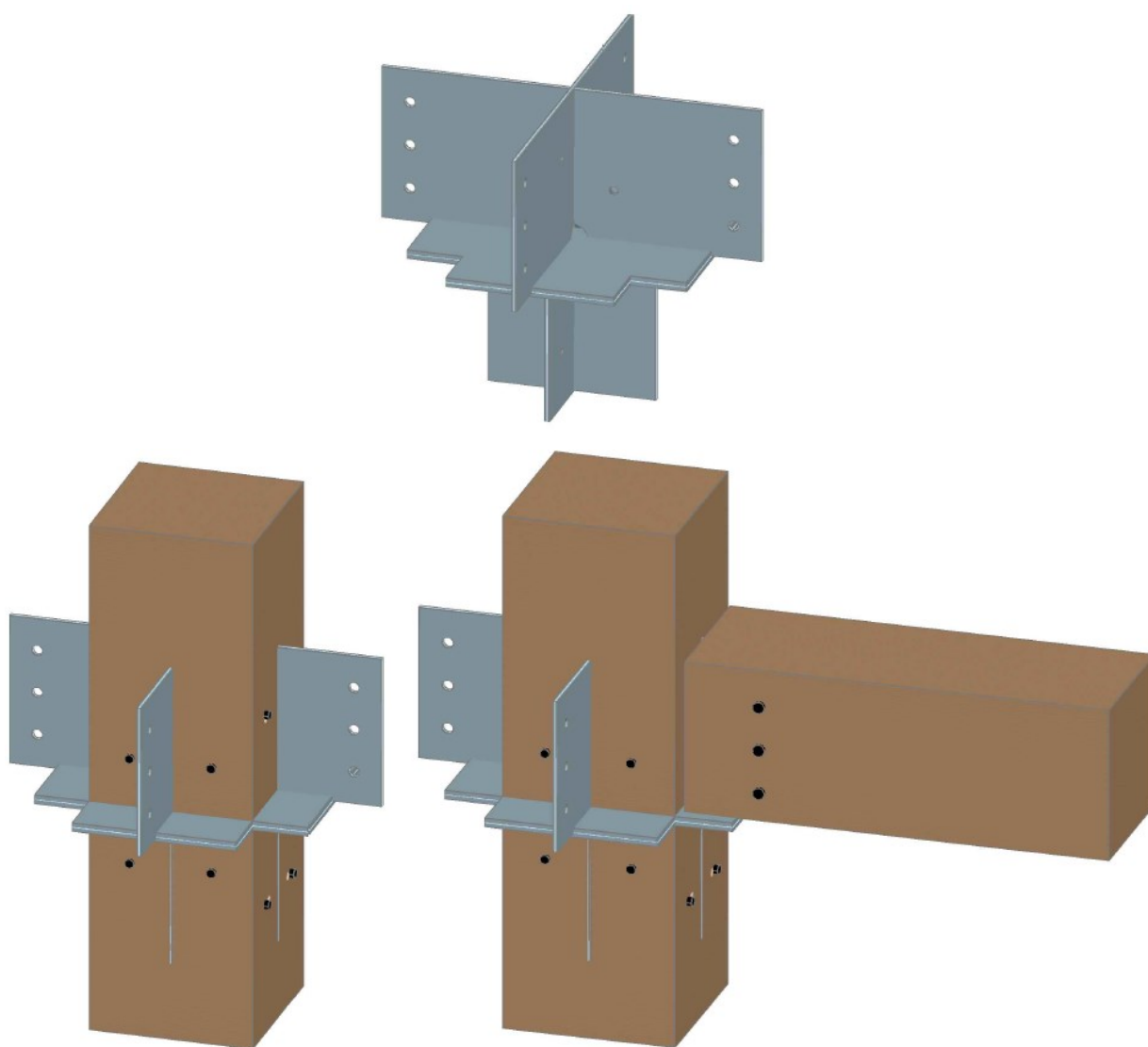


Obr. 3.1 – Půdorysné schéma a 3D zobrazení skeletové konstrukce

Maximální požární výška dřevostaveb u nás je 12 m, je to výška měřená od podlahy prvního nadzemního podlaží k podlaze nejvyššího nadzemního podlaží [15]. Při této

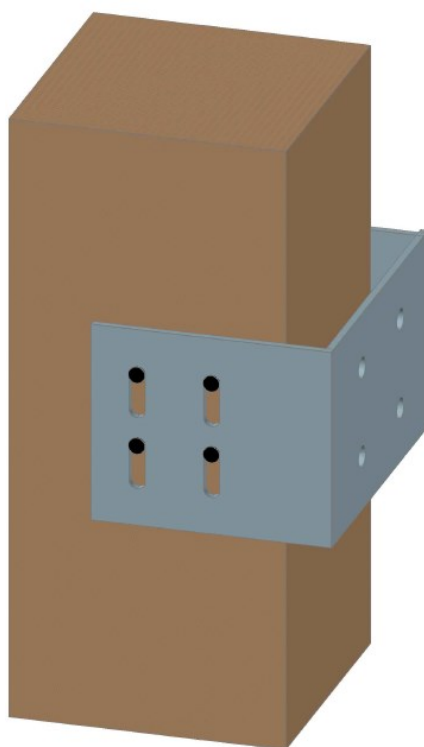
výšce vychází konstrukční výška podlaží 3 m a po odečtení minimální světlé výšky 2,6 m pro obytné budovy, zbývá 0,4 m na konstrukci stropu. Z tohoto důvodu jsem zvolila ze skeletových systémů, systém sloup a přilehlý nosník, který také umožňuje uložení hlavních nosníků ze všech čtyř stran. Stropní nosníky budou uloženy v jedné rovině s hlavním nosníkem, aby bylo dosaženo co nejmenší konstrukční výšky stropní konstrukce.

Pro spoje jednotlivých nosných prvků budou použity ocelové prvky a svorníky. Napojení sloupů na sebe a připojení hlavních nosníků k nim bude řešeno přes ocelovou botku, která je znázorněna na obrázku 3.2.



Obr. 3.2 – Napojení sloupů a hlavních nosníků

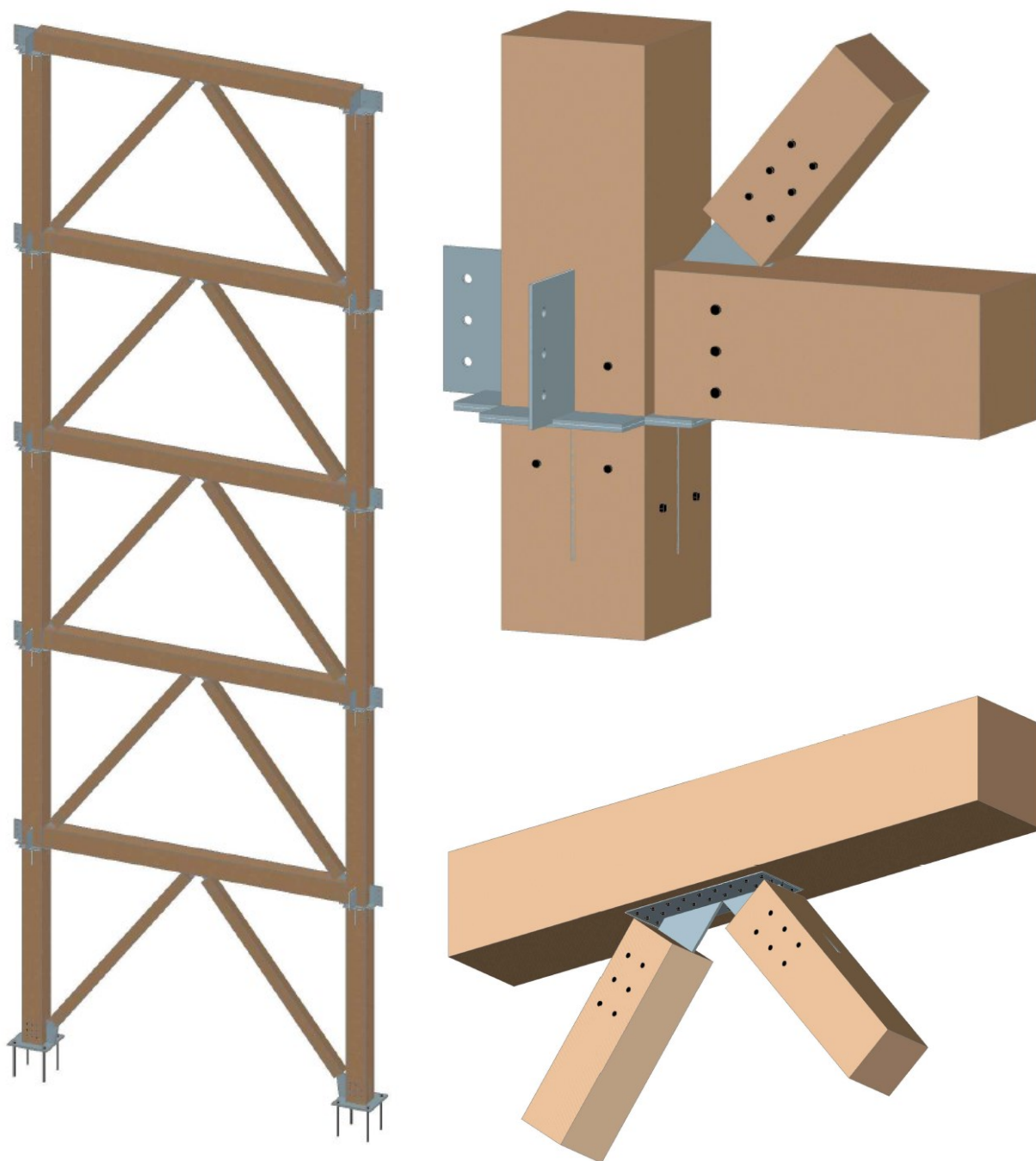
U vyšších vícepatrových dřevostaveb je vhodné provádět komunikační jádro z železobetonu, ten zvyšuje tuhost celé konstrukce. Tyto dva konstrukční systémy mohou nebo nemusí být dilatačně odděleny. Vzhledem k různému chování konstrukce při sedání se doporučuje provést dilataci, aby byly konstrukce nezávislé. Dilatační spára se může využít pro vedení instalací. Napojení dřevěné konstrukce musí tedy umožnit svislý posun. To je řešeno pomocí ocelových plechů s podélnými otvory pro svorníky, jak je znázorněno na obrázku 3.3.



Obr. 3.3 – Napojení sloupu k betonovému jádru

3.2 Vyztužení konstrukce

Vyztužení konstrukce může být provedeno ze svislých prvků nebo kombinací svislých a vodorovných prvků [18]. Jako ztužující prvky se používají výztužné stěny, tlačené vzpěry nebo tažené diagonály. Pro tuto konstrukci jsem zvolila systém tlačných vzpěr, protože mají větší tuhost než například tažené diagonály a je možné udělat ve ztužující stěně dveřní otvor, musí být ale uprostřed a jeho maximální šířka je 900 mm. Schéma výztužné stěny a napojení vzpěr je na obrázku 3.4.

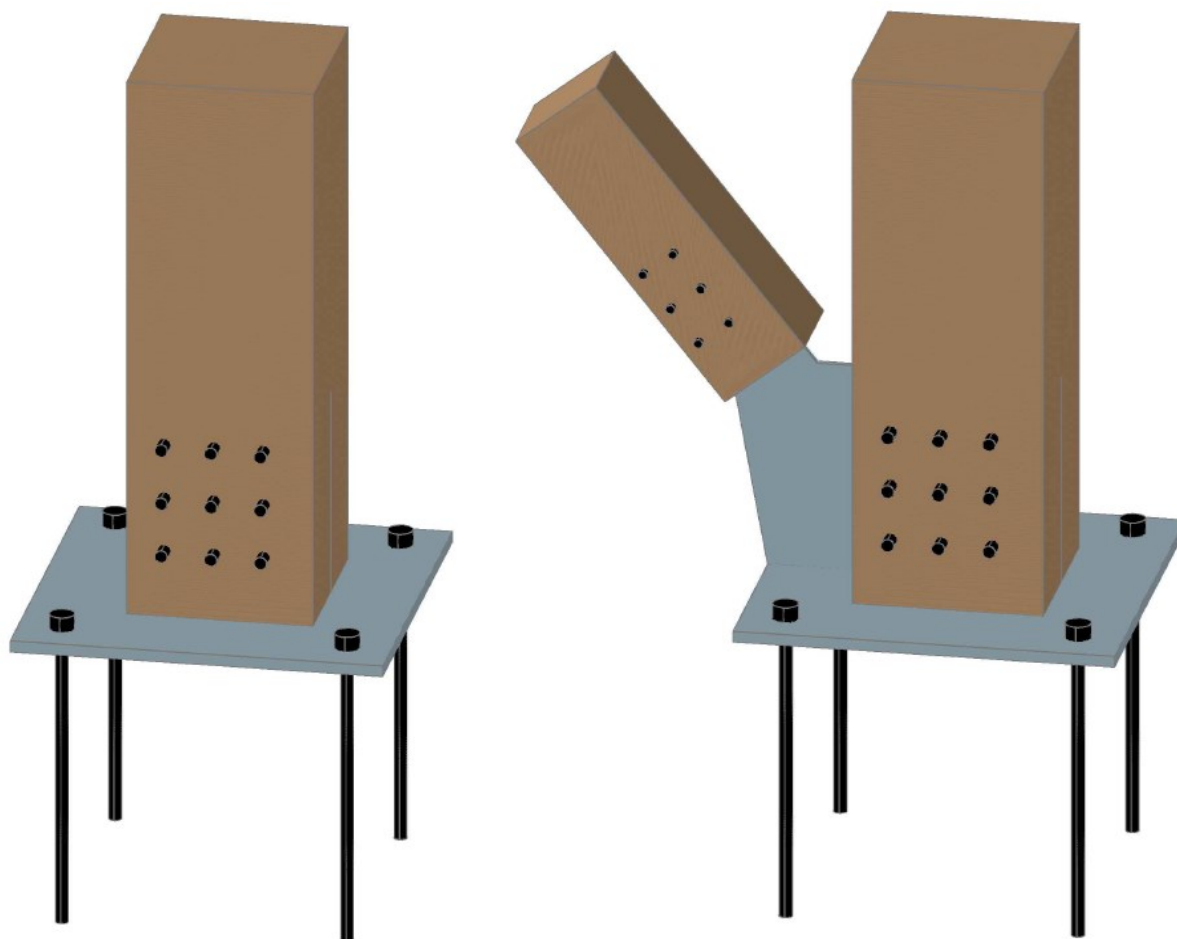


Obr. 3.4 Napojení jednotlivých prvků na sloup u 3.NP

3.3 Způsob založení

Pro návrh založení objektu byly zvažovány dvě varianty a to založení na základových patkách a založení na základových pásech. Obě varianty jsou řešeny a porovnány v kapitole 13. Z hlediska úspory betonu vyšel lépe způsob založení na patkách.

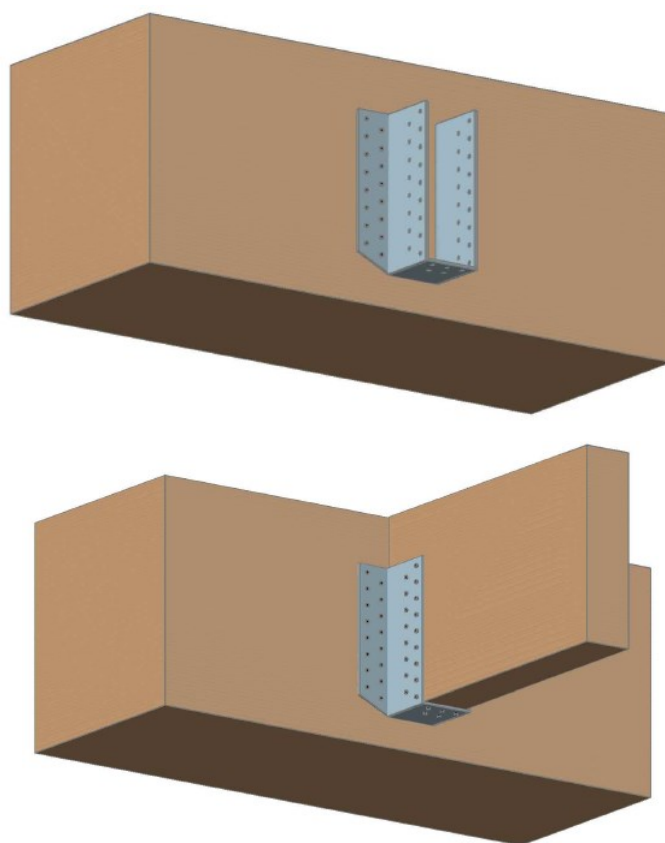
Patka bude staticky působit jako kloubová, k přenosu tahových sil, které vzniknou od zatížení větrem budou využity kotevní šrouby, vodorovná síla se přenesse třením mezi patním plechem a betonem. Na obrázku 3.5 je znázorněn spoj sloupu s patním plechem, který bude proveden přes vložený ocelový plech.



Obr. 3.5 – Napojení sloupu na patní plech

3.4 Návrh konstrukce stropů

Při návrhu konstrukce stropů jsem zvažovala tři varianty. První varianta je stropní nosník bez využití záklopu, druhá varianta je T průřez, tedy nosník spřažený se záklopem a jako poslední jsem zvažovala variantu dřevobetonového stropu. Stropní nosníky jsou napojeny na hlavní nosníky, přes ocelové třmeny, jako spojovací prostředky jsou použity hřebíky. Zobrazení spoje je na obrázku 3.6.



Obr. 3.6 – Uložení stropních nosníků na hlavní nosníky

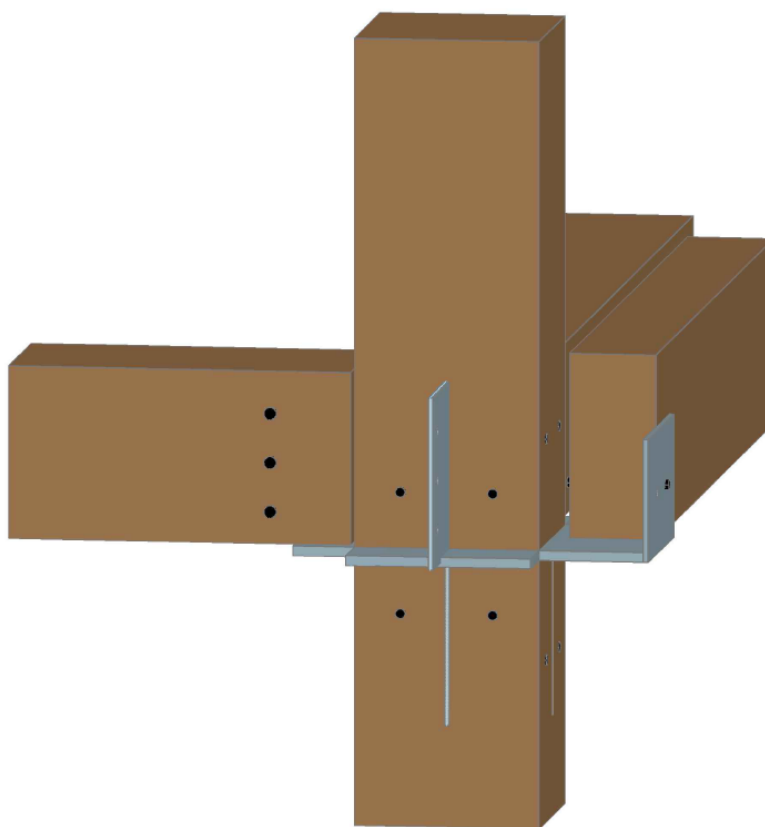
Spřažením stropního nosníku se záklopem zvýšíme jeho tuhost, je ale nutné posoudit spoj mezi deskou a dřevem. Strop zůstává lehký a zároveň se zvýší jeho tuhost. Ještě větší tuhosti lze dosáhnout spřažením stropních nosníků s betonem, kdy dřevo působí v tahu a beton v tlaku, zlepší se i akustické vlastnosti stropu.

Pro výběr nejvhodnější varianty stropní konstrukce jsem provedla podrobné statické posouzení všech tří variant. Varianty jsou srovnány v kapitole 8.4.

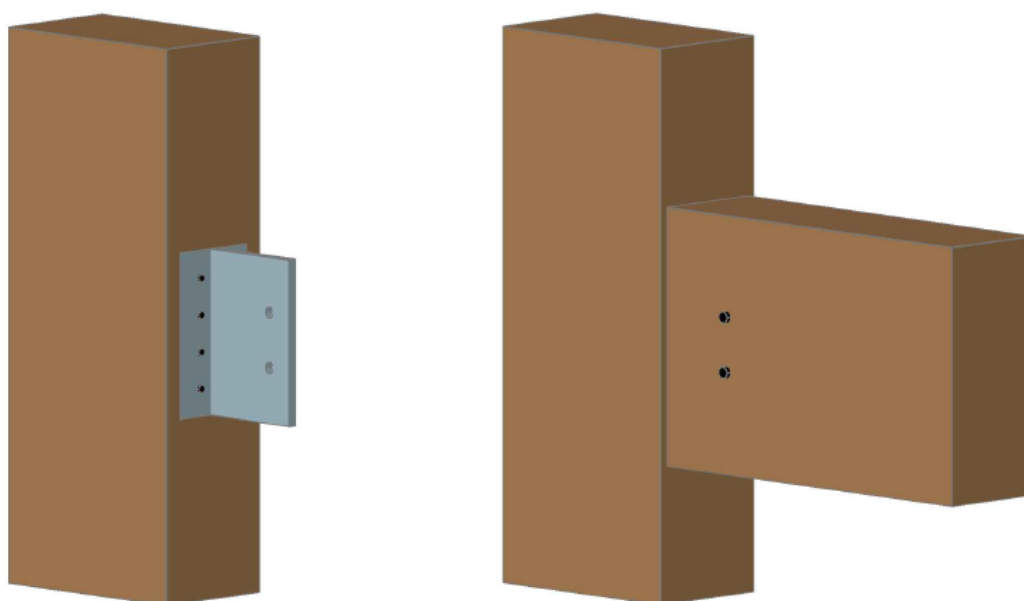
3.5 Návrh konstrukce balkonů

Balkony jsou na jižní straně objektu. Balkony jsou tvořeny vedlejšími nosníky nesoucími podlahu balkonu, které jsou přes třmeny napojeny na hlavní balkonové nosníky, jako spojovací prostředky jsou použity hřebíky. Hlavní nosníky jsou dva, první blíž fasádě, je podepřen ocelovými plechy obr. 3.7 a nese ještě zatížení od pláště budovy. Mezera mezi příčlím balkonu a příčlím stropu bude vyplněna tepelnou izolací. Druhý, dál od fasády, je

napojen na venkovní sloupy, přes vložené ocelové plechy, jako spojovací prostředky jsou použity svorníky a vruty obr. 3.8.



Obr. 3.7 – Uložení příčle balkonu



Obr. 3.8 – Napojení příčle balkonu na venkovní sloup

3.6. Plášť budovy a vizualizace

Plášť bude zhotoven ve výrobní hale a na stavbě se bude kompletovat z dílců o rozměru 5 x 3 m. Dolní práh dílce bude uložen na ocelové plechy, stejně jako příčel balkonu obr. 3.7 a ukotví se pomocí vrutů k plechu z boku. Horní práh se zajistí vruty ze shora, pak se může osadit plášť dalšího patra a postup se opakuje. Na obrázku 3.9 je vizualizace možného řešení finálního vzhledu budovy. Jako teoretickou lokalitu pro umístění bytového domu, jsem si zvolila město Orlová.

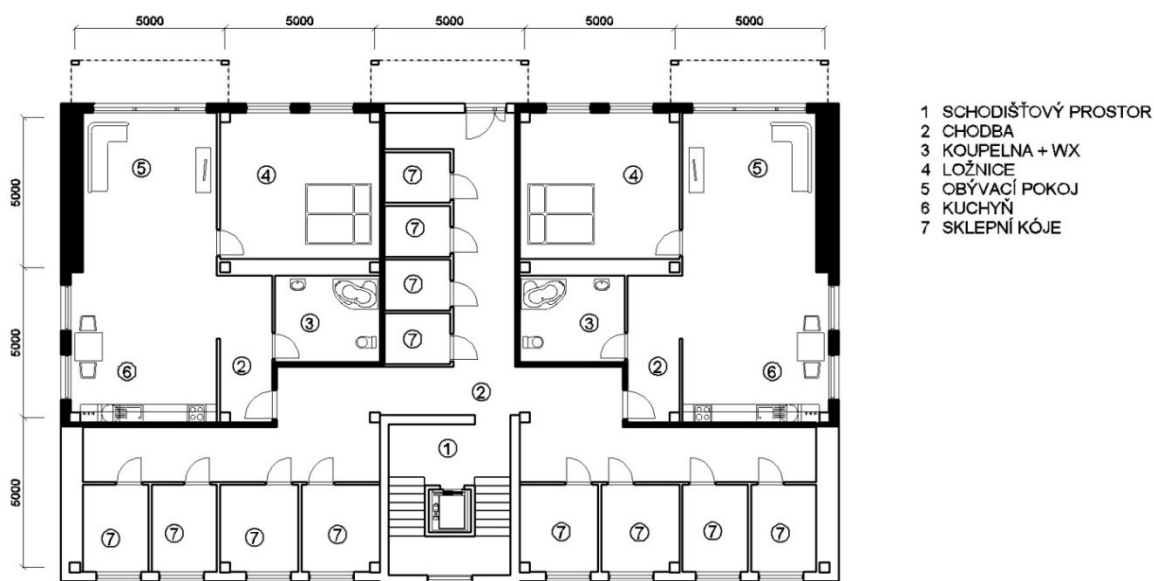


3.8 – Vizualizace budovy

4. Dispoziční řešení

Variabilita dispozičního řešení je omezena pouze ztužujícími stěnami, které jsou po stranách budovy v příčném směru a ztužující stěny v podélném směru se nachází uvnitř budovy. Ve ztužujících stěnách v podélném směru může být dveřní otvor, musí ale být umístěn uprostřed této stěny a jeho maximální šířka je 900 mm. Varianty dispozičního řešení na obrázcích 4.1 a až 4.4 jsou bez zásahu do této stěny.

Na následujících obrázcích jsou možné řešení dispozice. Byty jsou o velikostech 2+1, 2+kk a 3+1. U všech bytů lze dodělat příčku mezi obývacím pokojem a kuchyní. Schémata půdorysů s kótováním místností a stavebních otvorů jsou v příloze.



Obr. 4.1 – Půdorys 1.NP



Obr. 4.2 až 4.4 – Půdorys NP

5. Návrh a posouzení skladeb stěn, stropů a střechy

Obvodový plášť

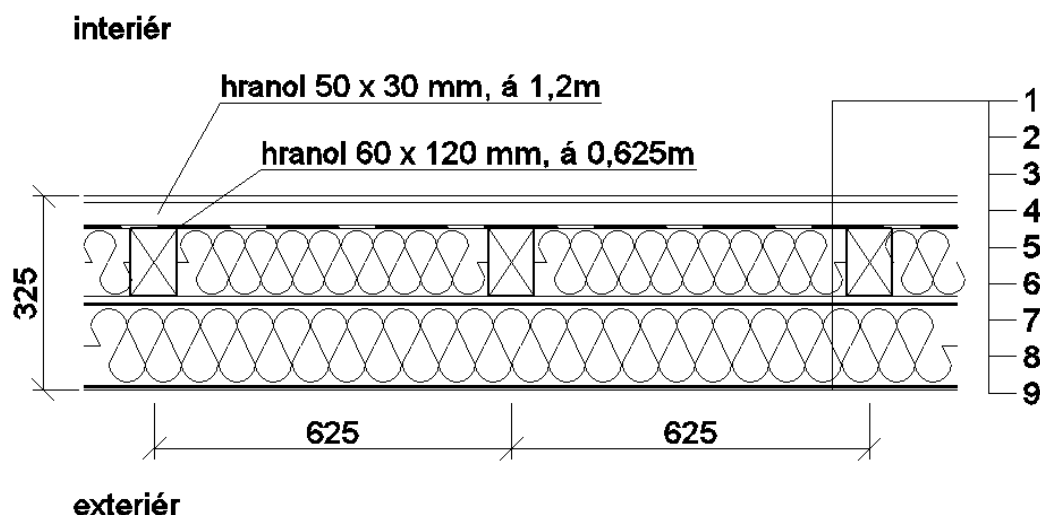
Obvodový plášť byl navržen dle podkladů společnosti RIGIPS [25]. Byl navržen lehký difuzně uzavřený obvodový plášť, nosnou kostru pláště tvoří dřevěné hranoly o rozměrech 60x120 mm á 625 mm, mezi které se vkládá tepelná izolace z minerální vlny. Skladba obvodového pláště je uvedena v tabulce 5.1 a zakreslena na obrázku 5.1.

Tab. 5.1 – Skladba obvodového pláště

| SKLADBA S1 - OBVODOVÝ PLÁŠŤ | | | | |
|---|---|----------------------------|---|---|
| č. | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm⁻²] |
| 1 | Sádrovláknitá deska | 12,5 | 750,0 | 9,38 |
| 2 | Instalační předstěna – rošt 30 mm x 50 mm á 400 mm | 30,0 (1,2*) | 380 | 0,46 |
| 3 | Parozábrana | 0,25 | 560,0 | 0,14 |
| 4 | Tepelná izolace z minerální plsti mezi sloupky 60 mm x 120 mm á 625 mm | 120,0 | 83,6** | 10,03 |
| 5 | Sádrovláknitá deska | 12,5 | 750,0 | 9,38 |
| 6 | Lepící tmel | 1,0 | 1800,0 | 1,80 |
| 7 | Tepelná izolace z minerální plsti | 140,0 | 60,0 | 7,00 |
| 8 | Výztužná vrstva | 3,0 | 1300,0 | 3,90 |
| 9 | Omítka | 3,0 | 1700,0 | 5,10 |
| Celková tloušťka obvodového pláště | | | | ≈ 325 mm |
| Celková váha obvodového pláště | | | | ≈ 50 kgm⁻² |

* ekvivalentní tloušťka pro plochu 1m²

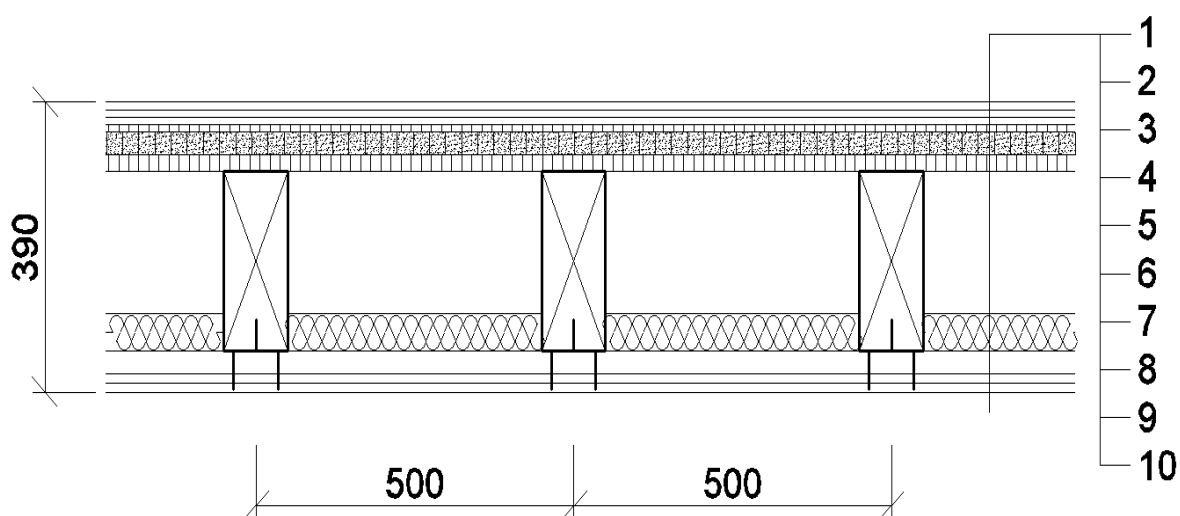
** v objemové hmotnosti je zahrnut i vliv prostupujících sloupků



Obr. 5.1 - Skladba obvodového pláště

Stropní konstrukce – varianta 1 a 2

Stropní konstrukce je tvořena stropnicemi, které jsou uloženy na hlavní nosníky v osové vzdálenosti 0,5 m. Aby se nezvyšovala výška stropu je horní hrana stropnice a hlavního nosníku v jedné rovině. Pro statické posouzení stropní konstrukce byla vybrána skladba z nejtěžší nášlapnou vrstvou, což je keramická dlažba v koupelně, v ostatní místnostech bude nášlapnou vrstvu tvořit lamelová podlaha. Podhled budou tvořit 2 sádkartonové desky, které budou pružně zavěšeny na ocelových akustických profilech. Podlahové prvky byly navrženy dle podkladů společnosti Fermacell dostupných na internetových stránkách [22]. Skladba stropní konstrukce je uvedena v tabulce 5.2 a zakreslena na obrázku 5.2.



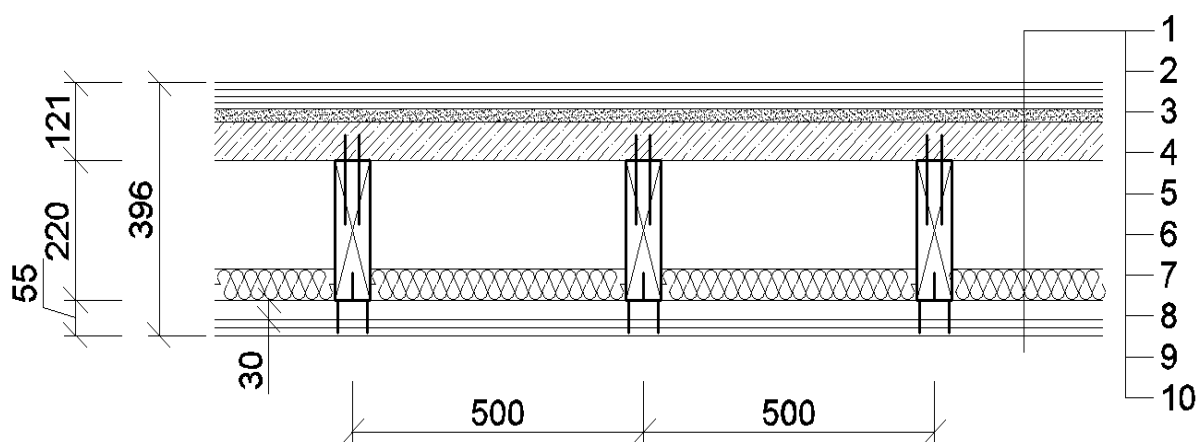
Obr. 5.2 - Skladba stropní konstrukce

Tab. 5.2 – Skladba stropní konstrukce

| SKLADBA S2 – STROPNÍ KONSTRUKCE | | | | |
|--|--|----------------------------|---|---|
| č. | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm⁻²] |
| 1 | Keramická dlažba | 7 | 2000 | 14,00 |
| 2 | Elastické lepidlo | 4 | 1500 | 6,00 |
| 3 | Fermacell deska 2 x 10 mm | 20 | 1150 | 23,00 |
| 4 | OSB deska | 10 | 550 | 5,50 |
| 5 | Voštinový systém fermacell | 30 | 1500 | 45,00 |
| 6 | OSB deska | 22 | 550 | 12,10 |
| 7 | Vzduchová mezera mezi nosníky | 190 | - | - |
| 8 | Akustická minerální izolace mezi nosníky | 50 | 60 | 3,00 |
| 9 | Vzduchová mezera + akustický profil fermacell (1kgm ⁻¹) | 30 | - | - |
| 10 | Sádrokartonová deska fermacell 2 x 12,5 mm | 25 | 750 | 18,75 |
| Celková tloušťka stropu | | | | ≈ 390 mm |
| Celková váha stropní konstrukce | | | | ≈ 128 kgm⁻² |

Stropní konstrukce – varianta 3

V této variantě jsou stropní nosníky spřaženy s betonovou deskou. Skladba stropní konstrukce je uvedena v tabulce 5.3 a zakreslena na obrázku 5.3.



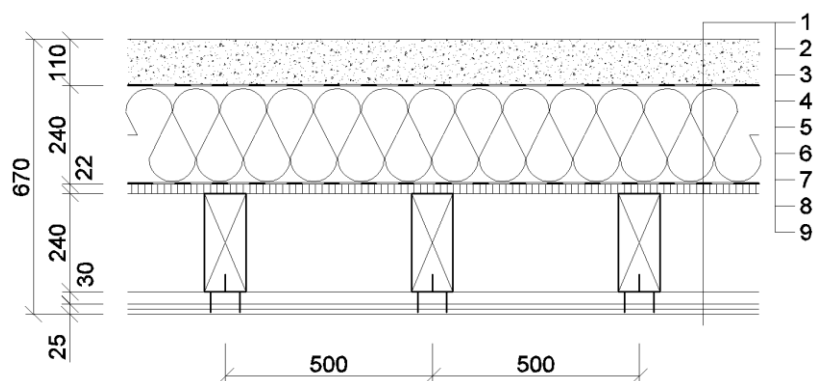
Obr. 5.3 - Skladba stropní konstrukce

Tab. 5.3 - Skladba stropní konstrukce

| SKLADBA S2 – STROPNÍ KONSTRUKCE | | | | |
|---------------------------------|--|--------------------|---|---|
| č. | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻²] |
| 1 | Keramická dlažba | 7 | 2000 | 14,00 |
| 2 | Elastické lepidlo | 4 | 1500 | 6,00 |
| 3 | Fermacell deska 2 x 10 mm | 20 | 1150 | 23,00 |
| 4 | OSB deska | 10 | 550 | 5,50 |
| 5 | Vyrovnávací podsyp | 20 | 1500 | 30,00 |
| 6 | Betonová deska | 60 | 2500 | 150,00 |
| 7 | Vzduchová mezera mezi nosníky | 170 | - | - |
| 8 | Akustická minerální izolace mezi nosníky | 50 | 60 | 3,00 |
| 9 | Vzduchová mezera + akustický profil fermacell (1kgm ⁻¹) | 30 | - | - |
| 10 | Sádrokartonová deska fermacell 2 x 12,5 mm | 25 | 750 | 18,75 |
| Celková tloušťka stropu | | | | ≈ 396 mm |
| Celková váha stropní konstrukce | | | | ≈ 251 kgm ⁻² |

Střešní konstrukce

Nosnou konstrukci tvoří stropnice v osové vzdálenosti 0,5m, které jsou uloženy na hlavní nosník stejně jako stropy. Hydroizolaci tvoří střešní fólie z měkčeného PVC s výztužnou vložkou ze skleněné rohože. Fólie je přitížena násypem. Skladba střešní konstrukce je uvedena v tabulce 5.4 a zakreslena na obrázku 5.4.



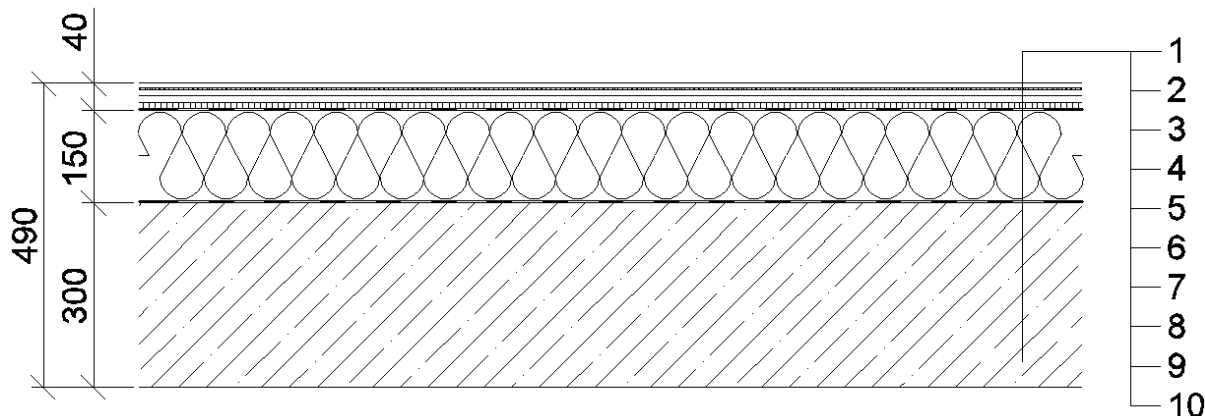
Obr. 5.4 - Skladba střešní konstrukce

Tab. 5.4 - Skladba střešní konstrukce

| SKLADBA S3 – STŘEŠNÍ KONSTRUKCE | | | | |
|---------------------------------|--|--------------------|---|---|
| č. | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻²] |
| 1 | Štěrkový násyp | 110 | 1650 | 181,50 |
| 2 | Geotextilie 0,5 kgm ⁻² | - | - | 0,50 |
| 3 | Hydroizolační fólie | 1,5 | 650 | 0,98 |
| 4 | Tepelná izolace z minerální plsti | 240 | 100 | 24,00 |
| 5 | Parozábrana | 0,1 | 270 | 0,03 |
| 6 | OSB deska | 22 | 550 | 12,10 |
| 7 | Stropní konstrukce + vzduchová mezera | 240 | - | - |
| 8 | Vzduchová mezera + akustický profil fermacell (1kgm ⁻¹) | 30 | - | - |
| 9 | Sádrokartonová deska fermacell 2 x 12,5 mm | 25 | 750 | 18,75 |
| Celková tloušťka střechy | | | | ≈ 670 mm |
| Celková váha střešní konstrukce | | | | ≈ 239 kgm ⁻² |

Podlaha na terénu

Tepelnou izolaci tvoří pěnový polystyren EPS 150 S Stabil a samotné podlahové prvky tvoří OSB deska a dvě fermacell desky na kterých je vytvořena podlahová krytina. Skladba podlahy na terénu je uvedena v tabulce 5.5 a zakreslena na obrázku 5.5.



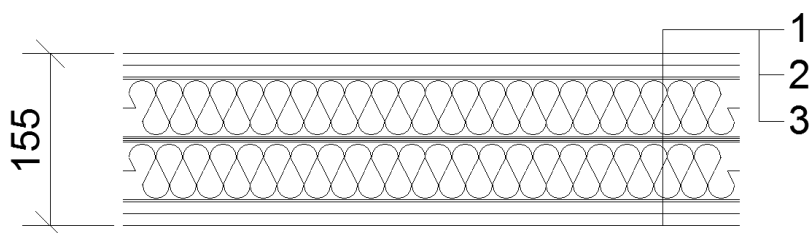
Obr. 5.5 - Skladba podlahy na terénu

Tab. 5.5 - Skladba podlahy na terénu

| SKLADBA S4 - PODLAHA NA TERÉNU | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|---|---|
| č. | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻²] |
| 1 | Laminátová podlaha | 7 | 850 | 5,95 |
| 2 | Mirelon | 3 | 30 | 0,09 |
| 3 | Fermacell deska 2 x 10 mm | 20 | 1150 | 23,00 |
| 4 | OSB deska | 10 | 550 | 5,5 |
| 5 | Parozábrana | 0,1 | 270 | 0,03 |
| 6 | Tepelná izolace EPS 150S | 150 | 25 | 3,75 |
| 7 | Geotextilie 0,3 kgm ⁻² | 1 | - | 0,3 |
| 8 | Hydroizolační fólie | 2 | 650 | 1,30 |
| 9 | Geotextilie 0,3 kgm ⁻² | 1 | - | 0,3 |
| 10 | Podkladní ŽB deska | 300 | 2300 | 690 |
| Celková tloušťka podlahy na terénu | | | | ≈ 490 mm |
| Celková váha podlahy na terénu | | | | ≈ 730 kgm ⁻² |

Mezibytová příčka

Skladba mezibytové příčky byla navržena dle podkladů společnosti DEK a.s. uveřejněných na internetových stránkách [21]. Byla navržena příčka DEK AKUSTIK TOP 155. Jedná se o montovanou příčku s dvojitou kovovou konstrukcí, s vnitřní izolací z minerální vlny a dvojitým opláštěním akustickou sádrokartonovou deskou. Skladba je vypsána v tabulce 5.6 a schéma je na obrázku 5.6.



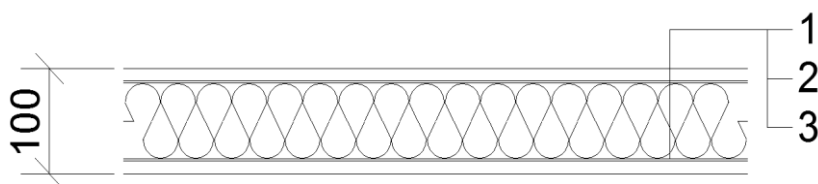
Obr. 5.6 – skladba mezibytové příčky

Tab. 5.6 – skladba mezibytové příčky

| SKLADBA S5 - MEZIBYTOVÁ PŘÍČKA | | | | |
|------------------------------------|--|--------------------|---|---|
| č. | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻²] |
| 1 | Sádrokartonová deska ve dvou vrstvách | 25 | 750,0 | 18,75 |
| 2 | Izolace minerální vlny 2 x 50 mm vkládaná do nosné konstrukce z CW a UW profilů | 100 | 15,0 | 1,50 |
| 3 | Sádrokartonová deska ve dvou vrstvách | 25 | 750,0 | 18,75 |
| Celková tloušťka mezibytové příčky | | | | ≈ 155 mm |
| Celková váha mezibytové příčky | | | | ≈ 39 kgm ⁻² |

Dělící příčky

Skladba dělící příčky byla navržena dle podkladů společnosti DEK a.s. uveřejněných na internetových stránkách [30]. Byla navržena příčka DEK AKUSTIK 100. Dělící příčky v jednotlivých bytech jsou montované příčky s kovovou konstrukcí a vnitřní izolací z minerální vlny. Příčky jsou opláštěny akustickou sádrokartonovou deskou. Skladba je uvedena v tabulce 5.7 a na schématu 5.7.



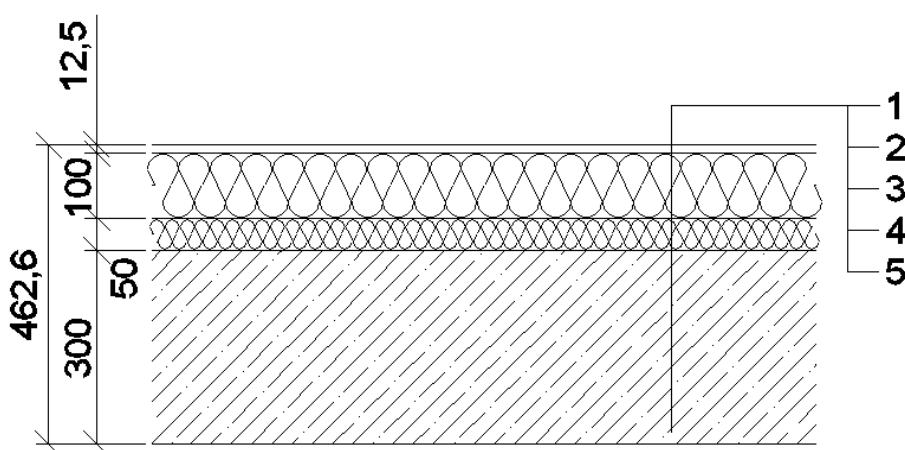
Obr. 5.7 – skladba dělící příčky

Tab. 5.7 – skladba dělící příčky

| SKLADBA S6 – DĚLÍCÍ PŘÍČKY | | | | |
|--------------------------------|---|--------------------|---|---|
| č. | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻²] |
| 1 | Sádrokartonová deska | 12,5 | 750,0 | 9,38 |
| 2 | Izolace z minerální vlny vkládaná do nosné konstrukce z CW a UW profilů | 75 | 15,0 | 1,13 |
| 3 | Sádrokartonová deska | 12,5 | 750,0 | 9,38 |
| Celková tloušťka dělící příčky | | | | ≈ 100 mm |
| Celková váha dělící příčky | | | | ≈ 20 kgm ⁻² |

Stěna oddělující schodišťový prostor od bytu

Skladba předstěny byla navržena dle podkladů společnosti DEK a.s. uveřejněných na internetových stránkách [31]. Byla navržena předstěna DEK AKUSTIK 117,5. Předstěna je montovaná s kovovou nosnou kostrou nezávislá na železobetonové stěně jádra. Skladba je znázorněna na obrázku 5.8 a vypsána v tabulce 5.8.



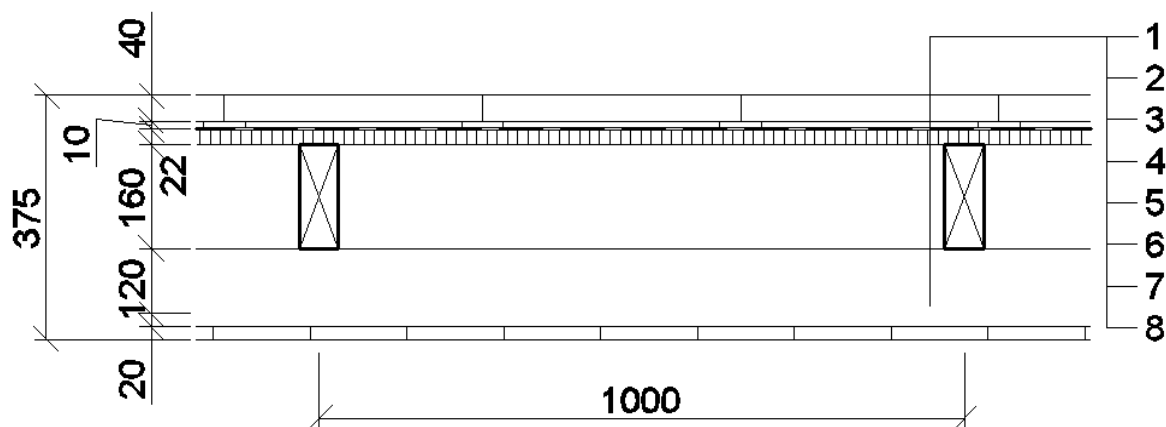
Obr. 5.8 – skladba předstěny

Tab. 5.8 – skladba předstěny

| SKLADBA S7 – PŘEDSTĚNA | | | | |
|----------------------------|---|--------------------|---|---|
| č. | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻²] |
| 1 | Sádrokartonová deska | 12,5 | 750,0 | 9,38 |
| 2 | Parozábrana | 0,1 | 170,0 | 0,02 |
| 3 | Izolace z minerální vlny vkládaná do nosné konstrukce z CW a UW profilů | 100 | 100,0 | 10,00 |
| 4 | Izolace z minerální vlny | 50 | 75,0 | 3,75 |
| 5 | ŽB stěna | 300 | 2500,0 | 750,00 |
| Celková tloušťka předstěny | | | | ≈ 462,5 mm |
| Celková váha předstěny | | | | ≈ 773 kgm ⁻² |

Balkon

Balkony tvoří stropnice se záklopem z OSB desky. Stropnice jsou osově vzdáleny 1 m a jsou uloženy na příčle. Spád balkonové konstrukce zajišťuje nosná konstrukce, která je ve spádu. Spád nosníků je zajištěn jejich uložením na příčle, které jsou v rozdílné výšce. Hydroizolace je tvořena fólií a nášlapnou vrstvou tvoří dlažba položená na terče. Skladbu znázorňuje obrázek 5.9 a je vypsána v tabulce 5.9.



Obr. 5.9 – skladba balkonu

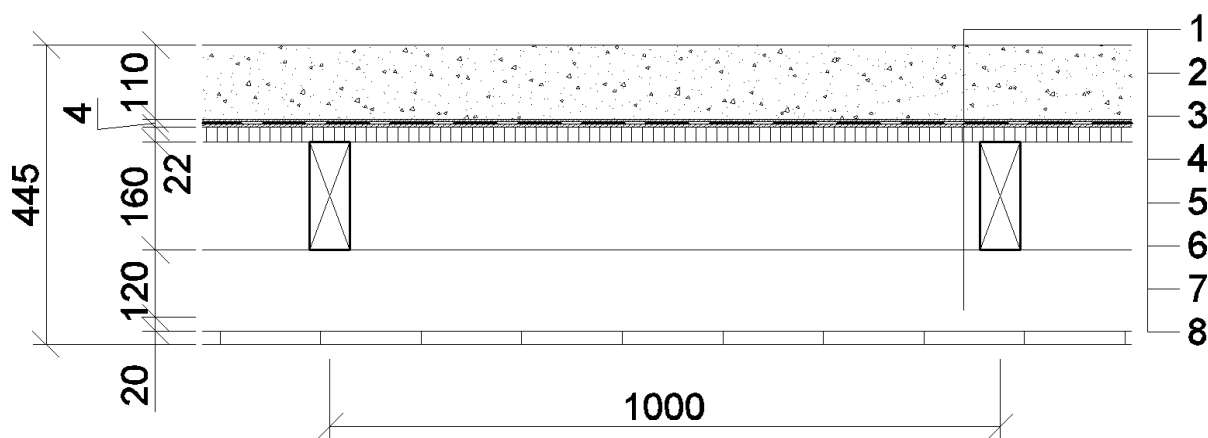
Tab. 5.9 – skladba balkonu

| SKLADBA S7 – BALKON | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------|---|---|
| označení | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻²] |
| 1 | Dlažba | 40 | 2000 | 80,00 |
| 2 | Terče pod dlažbu | 10 | - | - |
| 3 | Hydroizolační fólie | 2 | 650 | 1,30 |
| 4 | Geotextilie 0,3 kgm ⁻² | 1 | - | 0,30 |
| 5 | OSB deska | 22 | 550 | 12,10 |
| 6 | Vzduchová mezera mezi trámy | 160 | - | - |
| 7 | Latě 40 x 80 mm á 0,5 m | 0,009* | 350 | 0,003 |
| 8 | Podbití | 20 | 350 | 7,00 |
| Celková tloušťka balkonu | | | | ≈ 375 mm |
| Celková váha balkonu | | | | ≈ 101 kgm ⁻² |

* ekvivalentní tloušťka pro rozpětí nosníku

Střecha posledního balkonu

Střecha posledního balkonu je tvořena nosníky a příčlemi podobně jako balkon. Schéma je na obrázku 5.10 a v tabulce 5.10.



Obr. 5.10 – střecha nad balkonem

Tab. 5.10 – střecha nad balkonem

| SKLADBA S8 – STŘECHA POSLEDNÍHO BALKONU | | | | |
|---|-----------------------------------|--------------------|---|---|
| označení | popis | tloušťka d [mm] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³] | objemová hmotnost ρ [kgm ⁻²] |
| 1 | Štěrkový násyp | 110 | 1650 | 80,00 |
| 2 | Geotextilie 0,5 kgm ⁻² | 1 | - | 0,5 |
| 3 | Hydroizolační fólie | 2 | 650 | 1,30 |
| 4 | Geotextilie 0,3 kgm ⁻² | 1 | - | 0,30 |
| 5 | OSB deska | 22 | 550 | 12,10 |
| 6 | Vzduchová mezera mezi trámy | 140 | - | - |
| 7 | Latě 40 x 80 mm á 0,5 m | 0,009* | 350 | 0,002 |
| 8 | Palubky | 20 | 350 | 7,00 |
| Celková tloušťka střechy balkonu | | | | ≈ 445 mm |
| Celková váha střechy balkonu | | | | ≈ 203 kgm ⁻² |

* ekvivalentní tloušťka pro rozpětí nosníku

5.1 Posouzení z hlediska tepelné techniky

Pro výpočet tepelně technických vlastností skladeb byl použit program Teplo. Výpočet byl proveden dle norem ČSN 73 0540-2 [1], ČSN 73 0540-3 [2] a ČSN 73 0540-4 [3]. Výstup z programu je v příloze č.:1. Systematické tepelné mosty způsobené prostupem jiných materiálů jsou ve výpočtu zohledněny zhoršením součinitele tepelné vodivosti materiálu λ . Tepelné mosty vzniklé průnikem kotvících prvků byly zohledněny korekcí součinitele prostupu tepla $\Delta U = 0,02 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Pro budovy nízkoenergetického standardu je nutné splnit doporučené hodnoty vyhodnocovaných parametrů. Posouzení jednotlivých konstrukcí vyjadřují tabulky 5.11 až 5.14.

Vstupní parametry výpočtu:

Návrhové parametry interiéru (obytné budovy):

| | |
|--|-------------------|
| Návrhová teplota vnitřního vzduchu | 21°C |
| Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu | 50 % |
| Průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu | 4. třída vlhkosti |

Návrhové parametry exteriéru:

| | |
|---|-------|
| Návrhová venkovní teplota | -15°C |
| Návrhová relativní vlhkost vnějšího vzduchu | 84% |

Použité veličiny

| | |
|-----------------------|--|
| U | součinitel prostupu tepla |
| U_N | požadovaný/doporučený součinitel prostupu tepla |
| M_c | roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce |
| M_{ev} | roční množství vypařitelné vodní páry |
| f_{Rsi} | nejnižší teplotní faktor vnitřního povrchu |
| $f_{Rsi,N}$ | požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu |
| $\Delta\theta_{10}$ | pokles dotykové teploty podlahy |
| $\Delta\theta_{10,N}$ | požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy |

Tab. 5.11 - Požadavky normy ČSN 73 0540-2 [1] – posouzení obvodového pláště

| Hodnocený parametr konstrukce | Hodnota požadovaná | Hodnota doporučená | Vypočtená hodnota | Vyhodnocení |
|---|---|--------------------|-------------------|-------------|
| Součinitel prostupu tepla $U \leq U_N [Wm^{-2}K^{-1}]$ | 0,30 | 0,20 | 0,178 | vyhovuje |
| Množství zkondenzované vodní páry $M_c [kgm^{-2}a^{-1}]$ | $\leq 0,1$ nebo 3% plošné hmotnosti materiálu | | 0,000 | vyhovuje |
| Celoroční bilance vlhkosti $M_c < M_{ev} [kgm^{-2}a^{-1}]$ | aktivní | | aktivní | vyhovuje |
| Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce při průměrných návrhových okrajových podmínkách $f_{Rsi,N}$ | $\geq 0,808$ | | 0,956 | vyhovuje |

Tab. 5.12 - Požadavky normy ČSN 73 0540-2 [1] – posouzení střešního pláště

| Hodnocený parametr konstrukce | Hodnota požadovaná | Hodnota doporučená | Vypočtená hodnota | Vyhodnocení |
|---|---|--------------------|-------------------|-------------|
| Součinitel prostupu tepla $U \leq U_N [Wm^{-2}K^{-1}]$ | 0,24 | 0,16 | 0,141 | vyhovuje |
| Množství zkondenzované vodní páry $M_c [kgm^{-2}a^{-1}]$ | $\leq 0,1$ nebo 3% plošné hmotnosti materiálu | | 0,000 | vyhovuje |
| Celoroční bilance vlhkosti $M_c < M_{ev} [kgm^{-2}a^{-1}]$ | aktivní | | aktivní | vyhovuje |
| Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce při průměrných návrhových okrajových podmínkách $f_{Rsi,N}$ | $\geq 0,808$ | | 0,965 | vyhovuje |

Tab. 5.13 - Požadavky normy ČSN 73 0540-2 [1] – **posouzení podlahy na terénu**

| Hodnocený parametr konstrukce | Hodnota požadovaná | Hodnota doporučená | Vypočtená hodnota | Vyhodnocení |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|-------------|
| Součinitel prostupu tepla $U \leq U_N [Wm^{-2}K^{-1}]$ | 0,45 | 0,30 | 0,200 | vyhovuje |
| Pokles dotykové teploty pro kategorii I. Velmi teplé $\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10,N} [^{\circ}C]$ | 3,8 | | 2,38 | vyhovuje |
| Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce při průměrných návrhových okrajových podmínkách $f_{Rsi,N}$ | $\geq 0,808$ | | 0,951 | vyhovuje |

Tab. 5.14 - Požadavky normy ČSN 73 0540-2 [1] – Stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru - **posouzení předstěny**

| Hodnocený parametr konstrukce | Hodnota požadovaná | Hodnota doporučená | Vypočtená hodnota | Vyhodnocení |
|---|---|--------------------|-------------------|-------------|
| Součinitel prostupu tepla $U \leq U_N [Wm^{-2}K^{-1}]$ | 0,60 | 0,40 | 0,311 | vyhovuje |
| Množství zkondenzované vodní páry $M_c [kgm^{-2}a^{-1}]$ | $\leq 0,1$ nebo 3% plošné hmotnosti materiálu | | 0,000 | vyhovuje |
| Celoroční bilance vlhkosti $M_c < M_{ev} [kgm^{-2}a^{-1}]$ | aktivní | | aktivní | vyhovuje |
| Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce při průměrných návrhových okrajových podmínkách $f_{Rsi,N}$ | $\geq 0,535$ | | 0,925 | vyhovuje |

5.2 Posouzení z hlediska akustiky

Hodnoty vážené vzduchové neprůzvučnosti a kročejové neprůzvučnosti jsou převzaty z katalogů výrobců podle, kterých byly skladby navrženy a které jsou dostupné na internetových stránkách [21], [22], [30] a [31]. Technické listy jednotlivých konstrukcí jsou v příloze č. 2 na konci této práce. Posouzení jednotlivých skladeb konstrukcí vyjadřují tabulky 5.15 až 5.19.

Posouzení obvodového pláště

Ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,2m}$ se vypočte dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb [14] a to součtem základní hladiny akustického tlaku $L_{eq,T}$, která je rovna 50 dB a korekcí. Korekce se stanoví s přihlédnutím k využití území. V případě řešené stavby se jedná o obytný dům, nacházející se v blízkosti silnice II. třídy, použijeme tedy korekci +10 dB.

Výpočet hladiny akustického tlaku:

$$L_{Aeq,2m} = L_{Aeq,T} + 10 = 50 + 10 = 60 \text{ dB}$$

Z takto vypočtené hladiny akustického tlaku se dle normy ČSN 73 0532 [4] stanoví nejnižší požadovaná hodnota na váženou stavební neprůzvučnost $R'_w = 30 \text{ dB}$.

Tab. 5.15 - Požadavky normy ČSN 73 0532 [4] – posouzení obvodového pláště

| Hodnocený parametr konstrukce | Hodnota požadovaná $R'_w \text{ [dB]}$ | Vypočtená hodnota $R_w \text{ [dB]}$ | Vyhodnocení |
|---|---|---|-------------|
| Vážená stavební neprůzvučnost $R_w \geq R'_w \text{ [dB]}$ | 30 | 40 | vyhovuje |

Tab. 5.16 - Požadavky normy ČSN 73 0532 [4] – **posouzení stropní konstrukce**

| Hodnocený parametr konstrukce | | Hodnota požadovaná $R'_w, L'_{n,w}$ [dB] | Vypočtená hodnota $R_w, L_{n,w}$ [dB] | Vyhodnocení |
|-------------------------------|--|---|--|-------------|
| varianta 1 a 2 | Vážená stavební neprůzvučnost $R_w \geq R'_w$ [dB] | 53 | 73 | vyhovuje |
| | Kročjová neprůzvučnost $L_{n,w} \leq L'_{n,w}$ [dB] | 55 | 42 | vyhovuje |
| varianta 3 | Vážená stavební neprůzvučnost $R_w \geq R'_w$ [dB] | 53 | není uvedeno | vyhovuje |
| | Kročjová neprůzvučnost $L_{n,w} \leq L'_{n,w}$ [dB] | 55 | 24 | vyhovuje |

Tab. 5.17 - Požadavky normy ČSN 73 0532 [4] – **posouzení mezibytové příčky**

| Hodnocený parametr konstrukce | Hodnota požadovaná R'_w [dB] | Vypočtená hodnota R_w [dB] | Vyhodnocení |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|-------------|
| Vážená stavební neprůzvučnost $R_w \geq R'_w$ [dB] | 53 | 56 | vyhovuje |

Tab. 5.18 - Požadavky normy ČSN 73 0532 [4] – **Posouzení dělicí příčky**

| Hodnocený parametr konstrukce | Hodnota požadovaná R'_w [dB] | Vypočtená hodnota R_w [dB] | Vyhodnocení |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|-------------|
| Vážená stavební neprůzvučnost $R_w \geq R'_w$ [dB] | 42 | 43 | vyhovuje |

Tab. 5.19 - Požadavky normy ČSN 73 0532 [4] - **Posouzení stěny mezi schodišťovým prostorem a bytem**

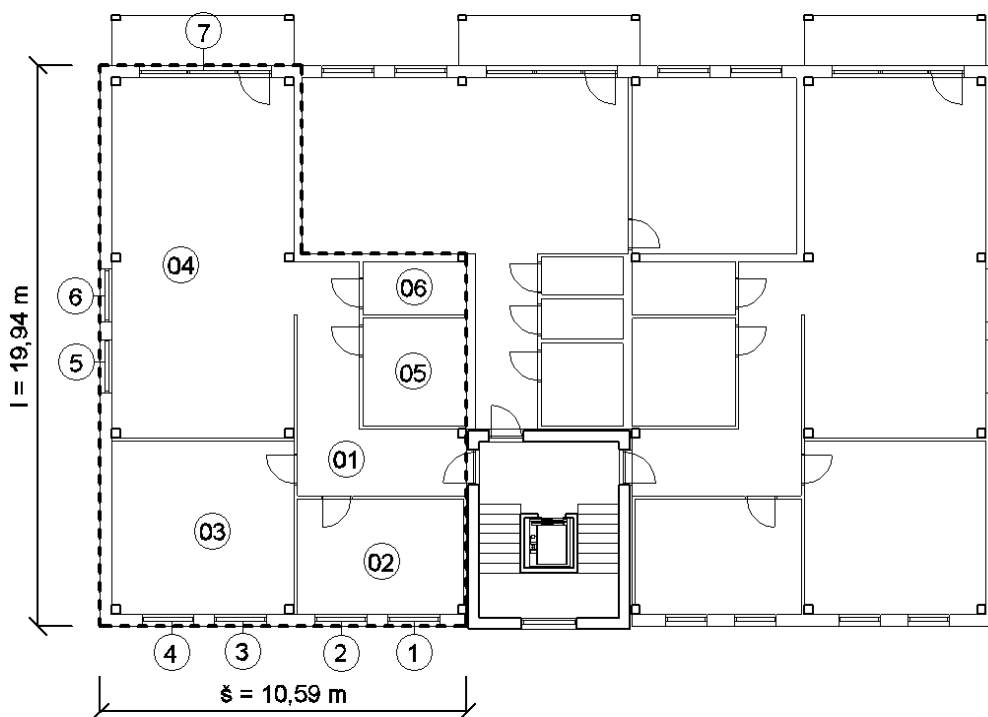
| Hodnocený parametr konstrukce | Hodnota požadovaná R'_w [dB] | Vypočtená hodnota R_w [dB] | Vyhodnocení |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|-------------|
| Vážená stavební neprůzvučnost $R_w \geq R'_w$ [dB] | 53 | 55 | vyhovuje |

5.3 Posouzení z hlediska požární odolnosti

K posouzení požární odolnosti byly použity normy ČSN 73 0802 [5] a ČSN 73 0818 [6].

Požární úseky

V řešeném objektu představuje každý byt jeden požární úsek. Pro posouzení byl vybrán největší byt. Požární úsek je na obrázku 5.11 a je z něj patrné číslování místností a oken



Obr. 5.11 – Požární úsek

Návrh požárně bezpečnostních zařízení

V objektu bude elektronický požární hlásič EPS.

Požární riziko

Požární riziko v řešeném požárním úseku vyjadřuje výpočtové požární zatížení p_v .

Vypočtené pro jednotlivé místnosti v tabulce 5.20.

Použité veličiny

| | |
|----------|--|
| p | požární zatížení |
| p_n | nahodilé požární zatížení |
| p_s | stálé požární zatížení |
| b_i | šířka okna |
| h_i | výška okna |
| S_i | plocha místnosti |
| S_{oi} | plocha okna |
| a | součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek |
| b | součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska stavebních podmínek |
| c | součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních zařízení |

Tab. 5.20 – Výpočet požárního zatížení pro jednotlivé místnosti

| ČÍSLO MÍSTNOSTI | S_i [m ²] | p_{ni} [kgm ⁻²] | $S_i \cdot p_{ni}$ [kg] | p_{si} [kgm ⁻²] | $S_i \cdot p_{si}$ [kg] | a_{ni} [–] | $a_{ni} \cdot S_i \cdot p_{ni}$ [kg] | a_{si} [–] | $a_{si} \cdot S_i \cdot p_{si}$ [kg] |
|--------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---|-----------------|---|
| 01 | 17,83 | 40 | 713,16 | 7 | 124,80 | 1 | 713,16 | 0,9 | 112,32 |
| 02 | 15,60 | 40 | 624,00 | 10 | 156,00 | 1 | 624,00 | 0,9 | 140,40 |
| 03 | 25,66 | 40 | 1026,40 | 10 | 256,60 | 1 | 1026,40 | 0,9 | 230,94 |
| 04 | 53,66 | 40 | 2146,30 | 10 | 536,58 | 1 | 2146,30 | 0,9 | 482,92 |
| 05 | 9,18 | 40 | 367,20 | 2 | 18,36 | 1 | 367,20 | 0,9 | 16,52 |
| 06 | 4,50 | 40 | 180,00 | 2 | 9,00 | 1 | 180,00 | 0,9 | 8,10 |
| SUMA | 126,43 | | 5057,06 | | 1101,34 | | 5057,06 | | 991,21 |

V tabulce 5.21 jsou rozměrové charakteristiky oken, které se dále používají pro výpočet součinitelů.

Tab. 5.21 – Rozměrové charakteristiky oken

| OKNA | b_i [m] | h_i [m] | S_{oi} [m ²] | $\sqrt{h_i}$ [m ^{0,5}] | $S_{oi} \cdot \sqrt{h_i}$ [m ^{2,5}] | $S_{oi} \cdot h_i$ [m ³] |
|------|--------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| 1 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 1,22 | 2,76 | 3,375 |
| 2 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 1,22 | 2,76 | 3,375 |
| 3 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 1,22 | 2,76 | 3,375 |
| 4 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 1,22 | 2,76 | 3,375 |
| 5 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 1,22 | 2,76 | 3,375 |
| 6 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 1,22 | 2,76 | 3,375 |
| 7 | 3,8 | 2 | 7,60 | 1,41 | 10,75 | 15,200 |
| SUMA | | | 21,10 | | 26,43 | 35,45 |

průměrné nahodilé požární
zatížení

$$p_n = \frac{\sum S_i \cdot p_{ni}}{\sum S_i} = \frac{5057,06}{126,43} = 40 \text{ kgm}^{-2}$$

průměrné stálé požární zatížení

$$p_s = \frac{\sum S_i \cdot p_{si}}{\sum S_i} = \frac{1101,34}{126,43} = 8,71 \text{ kgm}^{-2}$$

charakteristické požární zatížení
součinitel

$$p = p_n + p_s = 40 + 8,71 = 48,71 \text{ kgm}^{-2}$$

$$a = \frac{\sum a_{ni} \cdot S_i \cdot p_{ni} + \sum a_{si} \cdot S_i \cdot p_{si}}{\sum S_i \cdot p_{ni} + \sum S_i \cdot p_{si}}$$

$$a = \frac{5057,06 + 991,21}{5057,06 + 1101,34} = 0,982$$

výška otvorů

$$h_0 = \frac{\sum S_{oi} \cdot h_i}{\sum S_{oi}} = \frac{35,45}{21,10} = 1,68 \text{ m}$$

světlá výška místností

$$h_s = 2,6 \text{ m}$$

součinitel

$$n = \frac{\sum S_{oi}}{\sum S_i} \cdot \sqrt{\frac{h_0}{h_s}} = \frac{21,10}{126,43} \cdot \sqrt{\frac{1,68}{2,6}} = 0,134$$

$$n \geq 0,005 \rightarrow 0,134 \geq 0,005 \rightarrow \text{PLATÍ}$$

plocha největší místnosti

$$S_m = 53,66 \text{ m}^2$$

součinitel

$$k = 0,192$$

určí se pro S_m a n z přílohy E normy ČSN 73 802

| | |
|----------------------------|--|
| součinitel | $b = \frac{k \cdot \sum S_i}{\sum S_{oi} \cdot \sqrt{h_i}} = \frac{0,192 \cdot 126,43}{27,28} = 0,891$ |
| | $0,5 \leq b \leq 1,7 \rightarrow 0,5 \leq 0,891 \leq 1,7 \rightarrow \text{PLATÍ}$ |
| součinitel | $c = 0,7 \text{ (pro objekty s EPS)}$ |
| výpočtové požární zatížení | $p_v = p \cdot a \cdot b \cdot c = 48,711 \cdot 0,982 \cdot 0,891 \cdot 0,7$ |
| | $p_v = 29,834 \text{ kgm}^{-2}$ |

Ověření velikosti požárních úseků

Konstrukční systém objektu byl vyhodnocen jako hořlavý DP3. Pro hodnotu $a = 0,982$ norma určuje maximální šířku požárního úseku $s_{max} = 27,95 \text{ m}$ a maximální délku požárního úseku $l_{max} = 45,89 \text{ m}$. Mezní počet podlaží požárního úseku se vypočte ze vzorce $z_{max} = \frac{100}{p_v} = \frac{100}{29,834} = 3$. Délka a šířka požárního úseku je patrná z obrázku 5.11.

Posouzení:

$$s \leq s_{max} \rightarrow 10,59 \leq 27,95 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$l \leq l_{max} \rightarrow 19,94 \leq 45,89 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$z \leq z_{max} \rightarrow 1 \leq 3 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Stanovení požadavků na stavební konstrukce a jejich posouzení

Stupeň bezpečnosti požárního úseku byl dle normy [5], podle konstrukčního systému, který je hořlavý, výpočtového požárního zatížení $p_v = 29,834 \text{ kgm}^{-2}$ a požární výšky objektu $h = 12 \text{ m}$, která se měří od podlahy prvního nadzemního podlaží k podlaze posledního nadzemního podlaží zařazen do kategorie IV. Podle této kategorie se určí požadavky na stavební konstrukce, ty jsou vypsány v tabulce 5.21, kde je zároveň i posouzení skladby z hlediska požární odolnosti.

Hodnoty požární odolnosti jednotlivých konstrukcí jsou převzaty z katalogů jednotlivých výrobců, podle kterých byla konstrukce navržena, technické listy jsou v příloze č. 2. U všech konstrukcí je zajištěna požární odolnost opláštěním sádrokartonovými deskami v různých tloušťkách.

Tab. 5.21 - Splnění požadavků požární odolnosti

| Stavební konstrukce | Hodnota požadovaná | Hodnota skutečná | Vyhodnocení |
|--------------------------|--------------------|------------------|-------------|
| mezibytové příčky | EI60 | EI60 | vyhovuje |
| obvodová stěna | EW30 | EW60 | vyhovuje |
| ztužující obvodová stěna | REW60 | REW60 | vyhovuje |
| nosná konstrukce střechy | RE30 | REI60 | vyhovuje |
| stropy | REI60 | REI60 | vyhovuje |
| sloupy | R60 | R60 | vyhovuje |

Posouzení únikových cest

Skutečná délka únikové cesty byla určena dle výkresů pro byt v nejvyšším nadzemním podlaží $l_u = 35 \text{ m}$. Mezní délka únikové cesty se určí dle normy [5] interpolací z tabulky podle hodnoty součinitele $a = 0,982$, mezní délka $l_{u,max} = 25,89 \text{ m}$. Při použití požárně bezpečnostního zařízení lze mezní délku únikové cesty prodloužit na

$$l'_{u,max} = l_{u,max} \cdot c^{-1} = 25,89 \cdot 0,7^{-1} = 37 \text{ m}$$

Posouzení délky únikové cesty:

$$l_u \leq l'_{u,max} \rightarrow 35 \leq 37 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Šířka únikového cesty je 1200 mm , při šířce jednoho únikového pruhu 550 mm má tato cesta 2 únikové pruhy. Potřebný počet únikových pruhů se určí z počtu projektovaných osob vynásobený součinitelem dle normy [6], kapacity jednoho únikového pruhu určeným interpolací z tabulky podle součinitele a dle normy [5] a součinitele evakuace s .

počet evakuovaných osob $E = 60 \cdot 1,5 = 90$

kapacita únikového pruhu $K = 46,788$

součinitel evakuace $s = 1$

nutný počet únikových pruhů $u_{min} = \frac{E}{K} \cdot s = \frac{90}{46,788} \cdot 1 = 2$

posouzení $u_{min} \leq u \rightarrow 2 \leq 2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

6. Zatížení

Zatížení bylo vypočteno dle norem ČSN EN 1991-1-1 [7], ČSN EN 1991-1-3 [8], ČSN EN 1991-1-4 [9].

6.1 Stálé zatížení

Vlastní tíhy jednotlivých konstrukcí jsou v tabulkách 6.1 a 6.2.

Mezibytové příčky

Tab. 6.1 – Stálé zatížení mezibytovou příčkou

| objemová hmotnost ρ [kgm^{-2}] | Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení g_k [kNm^{-2}] | Výška h [m] | Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení g_k [kNm^{-1}] |
|---|---|------------------|---|
| 39,000* | 0,390 | 2,8 | 1,092 |

* vypočtená hodnota z tabulky

Vlastní tíha příčky $1,092 \leq 2,0 kNm^{-1}$, bude se tedy uvažovat jako rovnoměrné užité zatížení o velikost $q_k = 0,8 kNm^{-2}$.

Dělicí příčky

Tab. 6.2 – Stálé zatížení dělicí příčkou

| objemová hmotnost ρ [kgm^{-2}] | Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení g_k [kNm^{-2}] | Výška h [m] | Charakteristická hodnota rovnoměrného zatížení g_k [kNm^{-1}] |
|---|---|------------------|---|
| 19,875* | 0,199 | 2,6 | 0,518 |

* vypočtená hodnota z tabulky

Vlastní tíha příčky $0,518 \leq 1,0 kNm^{-1}$, bude se tedy uvažovat jako rovnoměrné užité zatížení o velikost $q_k = 0,5 kNm^{-2}$.

6.2 Užité zatížení

Budova byla zařazena do užité kategorie A (obytné plochy a plochy pro domácí činnosti). Pro tuto kategorii určuje norma užité zatížení dle tabulky 6.3.

Tab. 6.3 – užité zatížení

| Druh konstrukce | Hodnota rovnoměrného zatížení $q [kNm^{-2}]$ | | | Hodnota soustředného zatížení $Q [kN]$ | | |
|--------------------|---|-------------------------|------------------|---|-------------------------|------------------|
| | charakteristická hodnota | bezpečnostní součinitel | návrhová hodnota | charakteristická hodnota | bezpečnostní součinitel | návrhová hodnota |
| Stropní konstrukce | 2,8* | 1,5 | 4,2 | 2 | 1,5 | 3 |
| Schodiště | 3 | 1,5 | 4,5 | 2 | 1,5 | 3 |
| Balkóny | 3 | 1,5 | 4,5 | 2 | 1,5 | 3 |
| Střecha | 0,75 | 1,5 | 1,125 | 1 | 1,5 | 1,5 |

* $2,8 = 1,5 + 0,8 + 0,5$, vypočtená hodnota je součtem užitého zatížení stanovené normou ($1,5 kNm^{-2}$) a zatížení přemístitelnými příčkami (dělicí příčky $0,5 kNm^{-2}$)

6.3 Proměnné zatížení

Zatížení sněhem

Vstupní parametry výpočtu:

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| sněhová oblast | II |
| typ krajiny | normální |
| typ střechy | plochá |
| součinitel expozice | $C_e = 1$ |
| tepelný součinitel | $C_t = 1 Wm^{-2}K^{-1}$ |
| hodnota zatížení sněhem | $s = 1,05 kNm^{-2}$ |

tvárový součinitel zatížení $\mu = 0,8$
sněhem

Výpočet:

charakteristická hodnota zatížení $s_k = s \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu = 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,84 \text{ kNm}^{-2}$
sněhem

Zatížení větrem

Objekt byl na základě mapy větrných oblastí zařazen do větrné oblasti II. Terén spadá do kategorie III, která charakterizuje oblast pravidelně pokrytou vegetací, budovami nebo překážkami.

Vstupní parametry výpočtu:

| | |
|---------------------------|--|
| kategorie terénu | III |
| větrná oblast | II |
| výška budovy | 15,6 m |
| šířka budovy | 15,94 m |
| délka budovy | 25,94 m |
| součinitel větru | $c_{dir} = 1$ |
| součinitel ročního období | $c_{season} = 1$ |
| rychlost větru | $v_{b,0} = 26 \text{ ms}^{-1}$ |
| referenční výška | $z_e = 15,6 \text{ m}$ $z_i = 15,6 \text{ m}$ $z = 15,6 \text{ m}$ |
| parametr drsnosti terénu | $z_0 = 0,3$ |
| minimální výška | $z_{min} = 5 \text{ m}$ |
| maximální výška | $z_{max} = 200 \text{ m}$ $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$ |
| hustota vzduchu | $\rho = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel ortografie | $c_0(z) = 1$ |
| součinitel turbulence | $k_I = 1$ |

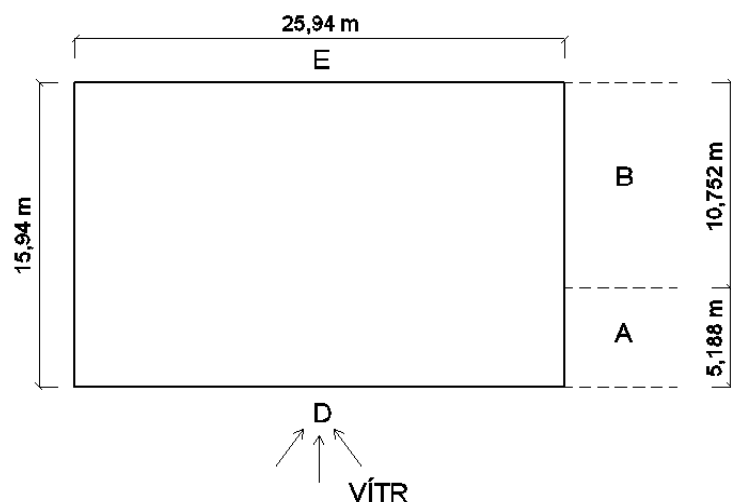
Výpočet:

| | |
|-----------------------------------|---|
| základní rychlost větru | $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 26 = 26 \text{ ms}^{-1}$ |
| součinitel terénu | $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$ |
| součinitel drsnosti | $pro\ z_{min} \leq z \leq z_{max} \rightarrow 5 \leq 15,6 \leq 200$ $c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} = 0,215 \cdot \ln \frac{15,6}{0,3} = 0,851$ |
| charakteristická střední rychlost | $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$ $v_m(z) = 0,851 \cdot 1 \cdot 26 = 22,127 \text{ ms}^{-1}$ |
| intenzita turbulence | $pro\ z_{min} \leq z \leq z_{max} \rightarrow 5 \leq 15,6 \leq 200$ $I_v(z) = \frac{k_l}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{1 \cdot \ln \frac{15,6}{0,3}} = 0,253$ |
| součinitel expozice | $c_e(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot c_0(z)^2 \cdot c_r(z)^2$ $c_e(z) = [1 + 7 \cdot 0,253] \cdot 1^2 \cdot 0,851^2 = 2,007$ |
| základní tlak větru | $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 26^2 = 0,423$ |
| maximální charakteristický tlak | $q_p = c_e(z) \cdot q_b = 2,007 \cdot 0,423 = 0,848 \text{ Pa}$ |
| vnitřní součinitele tlaku | $c_{pi}^+ = 0,2$ $c_{pi}^- = -0,3$ |

Výpočet tlaků větru pro jednotlivé oblasti je uveden v tabulkách 6.4 a 6.5. Oblasti jsou vykresleny na obrázcích 6.1 a 6.2.

Tab. 6.4

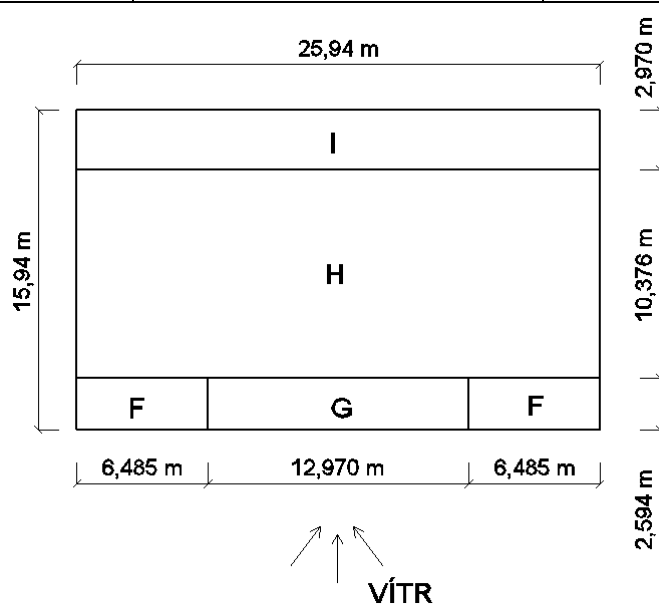
| SVISLÉ STĚNY | | |
|-------------------------|--|--|
| vnější součinitel tlaku | tlak větru | |
| | $w^{i+} = q_p(c_{pe,10}^i - c_{pi}^+)$ | $w^{i-} = q_p(c_{pe,10}^i - c_{pi}^-)$ |
| $c_{pe,10}^A = -1,200$ | $w^{A+} = -1,187 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{A-} = -0,763 \text{ kNm}^{-2}$ |
| $c_{pe,10}^B = -1,383$ | $w^{B+} = -1,343 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{B-} = -0,918 \text{ kNm}^{-2}$ |
| $c_{pe,10}^D = 0,797$ | $w^{D+} = 0,506 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{D-} = 0,931 \text{ kNm}^{-2}$ |
| $c_{pe,10}^E = -0,494$ | $w^{E+} = -0,589 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{E-} = -0,165 \text{ kNm}^{-2}$ |



Obr. 6.1 - oblasti větru na stěny

Tab. 6.5

| STŘECHA | | |
|---------------------------|--|--|
| vnější součinitel tlaku | tlak větru | |
| | $w^{i+} = q_p(c_{pe,10}^i - c_{pi}^+)$ | $w^{i-} = q_p(c_{pe,10}^i - c_{pi}^-)$ |
| $c_{pe,10}^F = -1,800$ | $w^{F+} = -1,696 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{F-} = -1,272 \text{ kNm}^{-2}$ |
| $c_{pe,10}^G = -1,200$ | $w^{G+} = -1,187 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{G-} = -0,763 \text{ kNm}^{-2}$ |
| $c_{pe,10}^H = -0,700$ | $w^{H+} = -0,763 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{H-} = -0,339 \text{ kNm}^{-2}$ |
| $c_{pe,10}^{I+} = 0,200$ | $w^{I++} = 0,000 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{I+-} = 0,424 \text{ kNm}^{-2}$ |
| $c_{pe,10}^{I-} = -0,200$ | $w^{I-+} = -0,339 \text{ kNm}^{-2}$ | $w^{I--} = 0,085 \text{ kNm}^{-2}$ |



Obr. 6.2 - oblasti větru na střechu

7. Ztužení

Jako ztužující prvky jsem zvolila systém tlačných vzpěr, funkci ztužidla v podélném směru budovy plní i betonové jádro. Spoje ztužidel s konstrukcí jsou řešeny v kapitole 11.2. Spojení s betonovým jádrem musí umožnit svislý pohyb, kvůli sednutí dřevěné konstrukce, to je vypočteno v kapitole 10.1.

Ztužidla byly posouzeny dle normy ČSN EN 1995-1-1 [10].

Statické schéma, zatížení a vnitřní síly

Ztužidla jsou kloubově připojena ke sloupům a jsou zatížena tlakem a sáním větru. Zjednodušeně lze předpokládat, že zatížení se mezi ztužidla rozdělí rovnoměrně. Pro posouzení byl vybrán stav, kdy vítr fouká na podélnou stranu budovy, vítr tak vyvoluje větší vnitřní síly, ostatní ztužidla budou stejné. V modelu jsou sloupy zatíženy charakteristickým stálým zatížením od hlavního nosníku a pláště, aby se zjistilo, jestli ve sloupu vznikne tah. Statické schéma, zatěžovací stavy a výsledky vnitřních sil jsou na obrázcích 7.1 až 7.7.

Výpočet zatížení

délka fasády, na kterou fouká $l = 25,94 \text{ m}$

počet ztužidel v jednom směru $n = 4$

výška patra $h = 3 \text{ m}$

zatěžovací stav: stálé zatížení

charakteristická hodnota stálého $F_{g,k} = 7,50 \text{ kN}$

zatížení od pláště

charakteristická hodnota stálého $F_{g,k} = 9,69 \text{ kN}$

zatížení od stropu

charakteristická hodnota stálého $F_{g,k} = 16,63 \text{ kN}$

zatížení od střechy

Průvlak na obvodu je zatížen 2 krát větší reakcí od stropu a střechy než rohový sloup.

zatěžovací stav: C+

tlak větru

$$w^{D+} = 0,506 \text{ kNm}^{-2}$$

sání větru

$$w^{E+} = -0,589 \text{ kNm}^{-2}$$

bezpečnostní součinitel

$$\gamma_Q = 1,5$$

návrhový tlak větru na styčník
ztužidla

$$w_d^{D+} = \gamma_Q \cdot w^{D+} \cdot \frac{l}{n} \cdot h = 1,5 \cdot 0,506 \cdot \frac{25,94}{4} \cdot 3$$

$$w_d^{D+} = 14,7 \text{ kN}$$

návrhové sání větru na styčník
ztužidla

$$w_d^{E+} = \gamma_Q \cdot w^{E+} \cdot \frac{l}{n} \cdot h = 1,5 \cdot (-0,589) \cdot \frac{25,94}{4} \cdot 3$$

$$w_d^{E+} = -17,1 \text{ kN}$$

zatěžovací stav: C-

tlak větru

$$w^{D-} = 0,931 \text{ kNm}^{-2}$$

sání větru

$$w^{E-} = -0,165 \text{ kNm}^{-2}$$

bezpečnostní součinitel

$$\gamma_Q = 1,5$$

návrhový tlak větru na styčník
ztužidla

$$w_d^{D-} = \gamma_Q \cdot w^{D-} \cdot \frac{l}{n} \cdot h = 1,5 \cdot 0,931 \cdot \frac{25,94}{4} \cdot 3$$

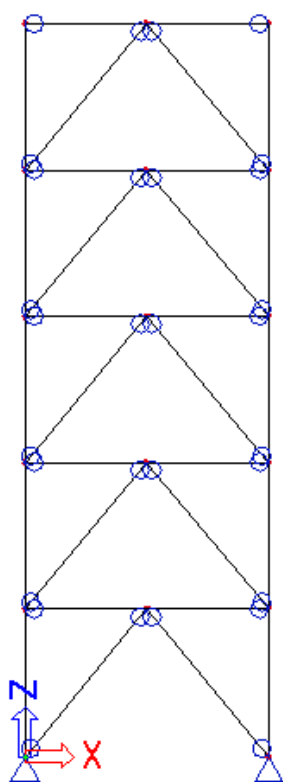
$$w_d^{D-} = 27,3 \text{ kN}$$

návrhové sání větru na styčník
ztužidla

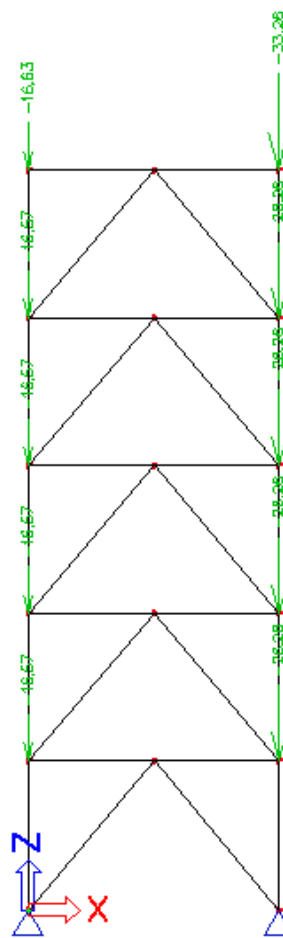
$$w_d^{E-} = \gamma_Q \cdot w^{E-} \cdot \frac{l}{n} \cdot h = 1,5 \cdot (-0,165) \cdot \frac{25,94}{4} \cdot 3$$

$$w_d^{E-} = -4,8 \text{ kN}$$

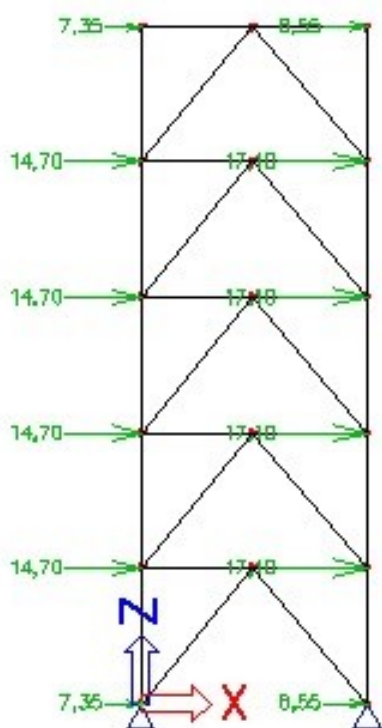
Na první a poslední styčník působí poloviční tlak větru, protože roznášecí šířka je pouze 1,5 m.



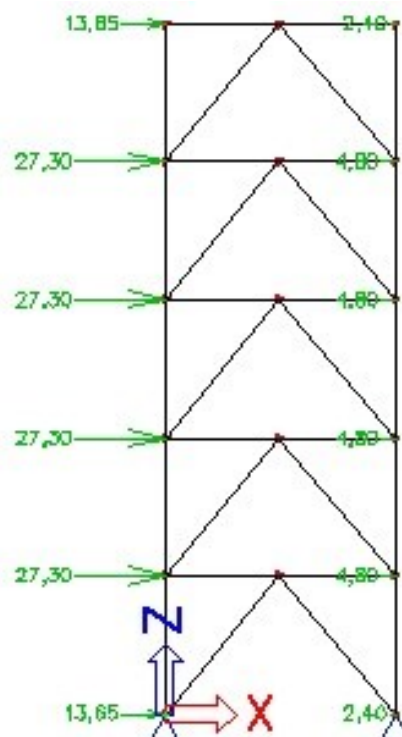
Obr. 7.1 - statické schéma ztužidla



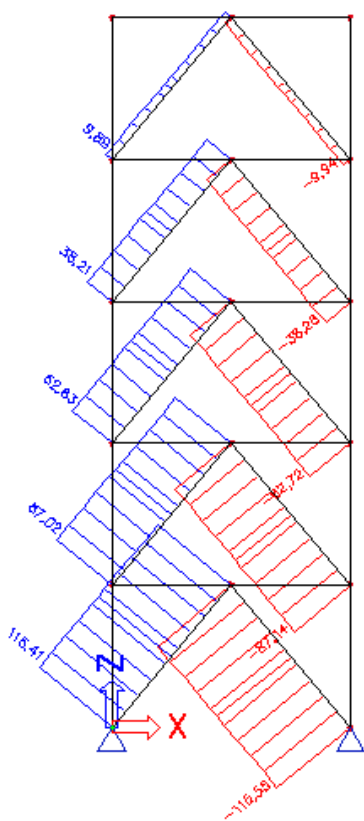
Obr. 7.2 - stálé zatížení od stropů a pláště



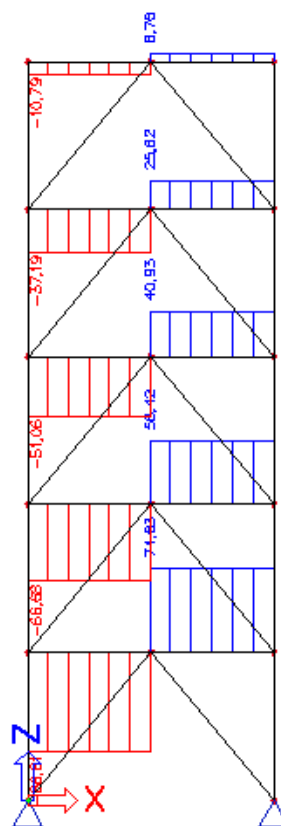
Obr. 7.3 - zatěžovací stav: C+



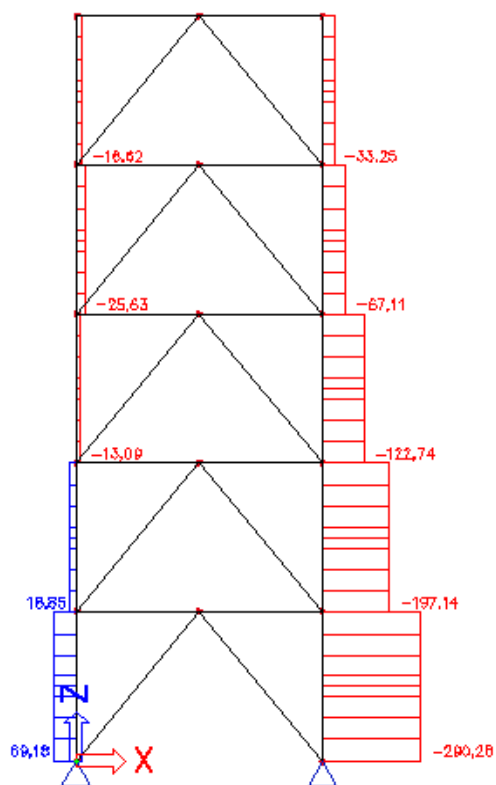
Obr. 7.4 - zatěžovací stav: C-



Obr. 7.5 - normálové síly - vzpěry



Obr. 7.6 - normálové síly - průvlaky



Obr. 7.7 - normálové síly - sloupy

Průřezy ztužidel jsou odstupňovány v jednotlivých podlažích z důvodu řeziva a to tak, že 1. NP a 2. NP mají ztužidla o rozměrech 160 mm x 160 mm, 3. NP mají ztužidla o rozměrech 140 mm x 140 mm a 4. NP a 5. NP mají ztužidla o velikosti průřezu 120 mm x 120 mm.

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|--------------------------|----------------------------------|
| materiál | rostlé dřevo třídy C24 |
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,6$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|--------------------------|------------------------------|
| tlak rovnoběžně s vlákny | $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ |
| tah rovnoběžně s vlákny | $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|--------------------------|---|
| tlak rovnoběžně s vlákny | $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{21 \cdot 0,9}{1,3} = 14,54 \text{ MPa}$ |
| tah rovnoběžně s vlákny | $f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{14 \cdot 0,9}{1,3} = 9,69 \text{ MPa}$ |

Průřezové charakteristiky ztužidel pro 1. a 2. NP

| | |
|---------------------|--|
| šířka průřezu | $b = 160 \text{ mm}$ |
| výška průřezu | $h = 160 \text{ mm}$ |
| vzpěrná délka | $L_{cr} = 3,9 \text{ m}$ |
| moment setrvačnosti | $I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,16 \cdot 0,16^3 = 5,46 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$ |
| plocha | $A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,16 = 0,026 \text{ m}^2$ |

poloměr setrvačnosti

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{5,46 \cdot 10^{-5}}{0,026}} = 0,046 \text{ m}$$

štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3,9}{0,046} = 84,44$$

poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{84,44}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,43$$

součinitel přímosti

$$\beta_c = 0,2$$

součinitel vzpěrnosti

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,43 - 0,3) + 1,43^2] = 1,64$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{1,64 + \sqrt{1,64^2 - 1,43^2}} = 0,41$$

Průřezové charakteristiky ztužidel pro 3. NP

šířka průřezu

$$b = 140 \text{ mm}$$

výška průřezu

$$h = 140 \text{ mm}$$

vzpěrná délka

$$L_{cr} = 3,9 \text{ m}$$

moment setrvačnosti

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,14 \cdot 0,14^3 = 3,20 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

plocha

$$A = b \cdot h = 0,14 \cdot 0,14 = 0,020 \text{ m}^2$$

poloměr setrvačnosti

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{3,20 \cdot 10^{-5}}{0,020}} = 0,040 \text{ m}$$

štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3,9}{0,040} = 96,50$$

poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{96,50}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,64$$

součinitel přímosti

$$\beta_c = 0,2$$

součinitel vzpěrnosti

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,64 - 0,3) + 1,64^2] = 1,97$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{1,97 + \sqrt{1,97^2 - 1,64^2}} = 0,33$$

Průřezové charakteristiky ztužidel pro 4. a 5. NP

| | |
|--------------------------|---|
| šířka průřezu | $b = 120 \text{ mm}$ |
| výška průřezu | $h = 120 \text{ mm}$ |
| vzpěrná délka | $L_{cr} = 3,9 \text{ m}$ |
| moment setrvačnosti | $I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,12 \cdot 0,12^3 = 1,73 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$ |
| plocha | $A = b \cdot h = 0,12 \cdot 0,12 = 0,014 \text{ m}^2$ |
| poloměr setrvačnosti | $i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1,73 \cdot 10^{-5}}{0,014}} = 0,035 \text{ m}$ |
| štíhlostní poměr | $\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3,9}{0,035} = 112,58$ |
| poměrný štíhlostní poměr | $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{112,58}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,91$ |
| součinitel přímosti | $\beta_c = 0,2$ |
| součinitel vzpěrnosti | $k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$ $k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,91 - 0,3) + 1,91^2] = 2,48$ |
| | $k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$ $k_c = \frac{1}{2,48 + \sqrt{2,48^2 - 1,91^2}} = 0,25$ |

Posouzení mezního stavu únosnosti

Průřez se posoudí na maximální tlakovou sílu a na maximální tahovou sílu.

Posouzení průřezu na tlak, 1. a 2. NP:

| | |
|------------------------|--|
| maximální tlaková síla | $N_{max} = 115,55 \text{ kN}$ |
| napětí v tlaku | $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{115,55 \cdot 10^{-3}}{0,026} = 4,51 \text{ MPa}$ |
| únosnost průřezu | $f_{c,c,0,d} = k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,41 \cdot 14,54 = 5,97 \text{ MPa}$ |

| | |
|------------------------|--|
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,c,0,d}$ |
| | $4,51 \leq 5,97 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení průřezu na tlak, 3. NP:

| | |
|------------------------|---|
| maximální tlaková síla | $N_{max} = 62,72 \text{ kN}$ |
| napětí v tlaku | $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{62,72 \cdot 10^{-3}}{0,020} = 3,20 \text{ MPa}$ |
| únosnost průřezu | $f_{c,c,0,d} = k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,33 \cdot 14,54 = 4,73 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,c,0,d}$ |
| | $3,20 \leq 4,73 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení průřezu na tlak, 4. a 5. NP:

| | |
|------------------------|---|
| maximální tlaková síla | $N_{max} = 38,28 \text{ kN}$ |
| napětí v tlaku | $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{38,28 \cdot 10^{-3}}{0,014} = 2,66 \text{ MPa}$ |
| únosnost průřezu | $f_{c,c,0,d} = k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,25 \cdot 14,54 = 3,57 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,c,0,d}$ |
| | $2,66 \leq 3,57 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení průřezu na tah, 1. a 2. NP:

| | |
|------------------------|--|
| maximální tahová síla | $N_{max} = 115,41 \text{ kN}$ |
| napětí v tahu | $\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{115,41 \cdot 10^{-3}}{0,026} = 4,51 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$ |
| | $4,51 \leq 9,69 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení průřezu na tah, 3. NP:

| | |
|------------------------|---|
| maximální tahová síla | $N_{max} = 62,63 \text{ kN}$ |
| napětí v tahu | $\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{62,63 \cdot 10^{-3}}{0,020} = 3,20 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$ |
| | $3,20 \leq 9,69 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení průřezu na tah, 4. a 5. NP:

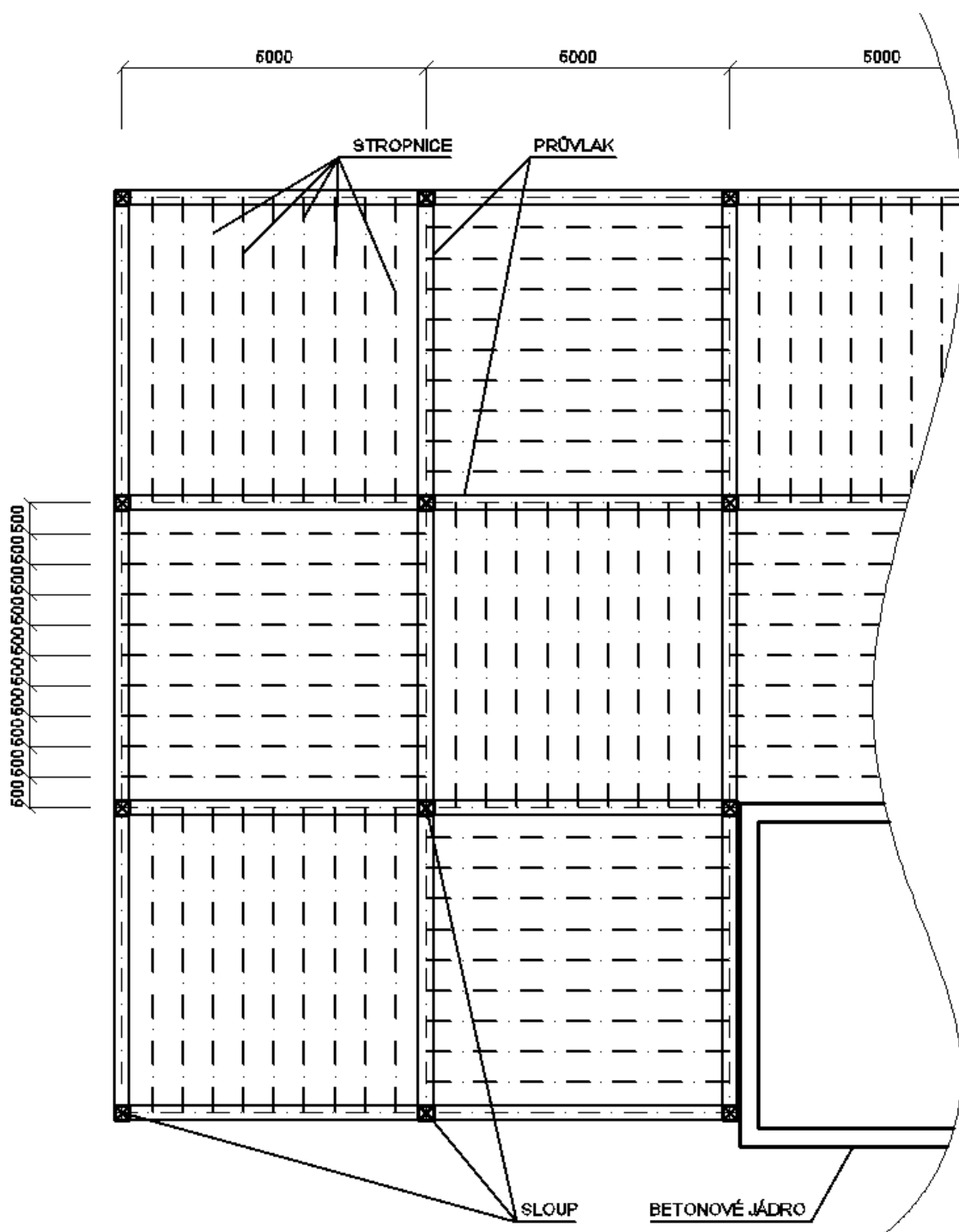
| | |
|------------------------|---|
| maximální tahová síla | $N_{max} = 38,21 \text{ kN}$ |
| napětí v tahu | $\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{38,21 \cdot 10^{-3}}{0,014} = 2,65 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$ $2,65 \leq 9,69 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

8. Posouzení stropní konstrukce

Stropní konstrukce je tvořena stropnicemi uloženými na hlavní nosník, hlavní nosníky jsou pak uloženy na sloupech. Stropnice jsou v osové vzdálenosti 0, 5m. Stropnice i hlavní nosníky mají rozpětí 5 m. Směr uložení stropnic na hlavní nosníky je vystřídáný v každém poli, aby zatížení hlavních nosníků bylo co nejmenší, směr uložení stropnic je znázorněn na obrázku 8.1.

Při návrhu stropní konstrukce byly vytvořeny tři varianty provedení, aby bylo dosaženo neoptimálnějšího návrhu.

Výpočet byl prováděn dle norem ČSN EN 1995-1-1 [10], ČSN EN 1992-1-1 [12]. Pro výpočet průhybů byly použity vzorce [16]. Postup pro výpočet dřevobetonového stropu byl převzat z literatury [17].



Obr. 8.1 – schéma uložení stropnic

8.1 Stropnice varianta 1

Stropnice je tvořena stropním nosníkem o rozměrech 100 mm x 240 mm. Na stropnicích je záklop z OSB desek na nichž je skladba podlahy. Statické posouzení bylo provedeno bez spolupůsobení OSB desky.

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|--------------------------|----------------------------------|
| materiál | rostlé dřevo třídy C24 |
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 1 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,8$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,6$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|------|----------------------------|
| ohyb | $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|------|---|
| ohyb | $f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{24 \cdot 0,8}{1,3} = 14,77 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{4 \cdot 0,8}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$ |

Průřezové charakteristiky

| | |
|---------------------|--|
| šířka průřezu | $b = 100 \text{ mm}$ |
| výška průřezu | $h = 240 \text{ mm}$ |
| moment setrvačnosti | $I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,10 \cdot 0,24^3 = 1,15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ |
| průřezový modul | $W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,10 \cdot 0,24^2 = 9,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ |

Stálé zatížení

Na stropnici působí zatížení od podlahy a podhledu a vlastní tíha stropního nosníku.

| | |
|------------------------|---|
| plošné zatížení stropu | $g_{k,s} = 1,28 \text{ kNm}^{-2}$ |
| vlastní tíha nosníku | $g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,1 \cdot 0,24 \cdot \frac{350}{100} = 0,08 \text{ kNm}^{-1}$ |

osová vzdálenost stropnic

$$s = 0,5 \text{ m}$$

charakteristické zatížení

$$g_k = s \cdot g_{k,s} + g_{k,n} = 0,5 \cdot 1,28 + 0,08$$

$$g_k = 0,7 \text{ kNm}^{-1}$$

bezpečnostní součinitel

$$\gamma_G = 1,35$$

návrhové zatížení

$$g_d = \gamma_G \cdot g_k = 0,72 \cdot 1,35 = 0,98 \text{ kNm}^{-1}$$

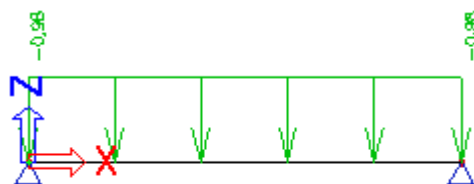
Zatěžovací stavy, vnitřní síly a průhyb

Stropnice je na hlavní nosník uložena kloubově. Kombinace zatížení jsou dvě, v první působí na stropnici stálé zatížení a spojité proměnné zatížení, v druhé kombinaci působí stálé zatížení a osamělé břemeno.

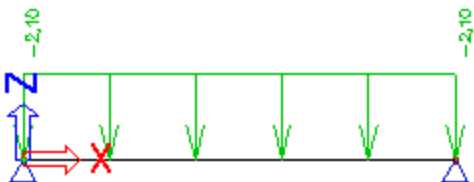
kombinace zatížení:

C01

stálé zatížení

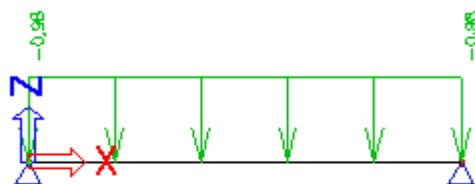


proměnné zatížení



C02

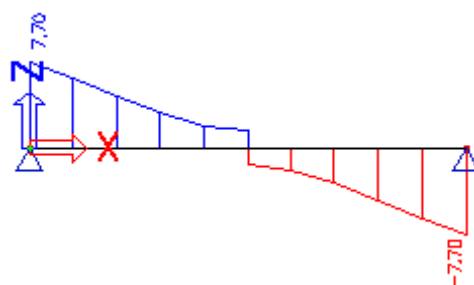
stálé zatížení



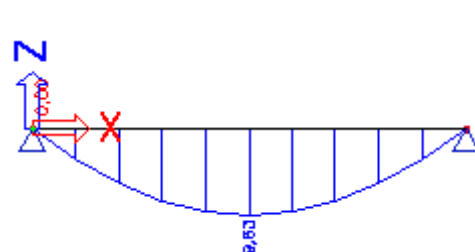
proměnné zatížení



obálka maximálních posouvajících sil



obálka maximálních ohybových momentů



okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{EI}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,72 \cdot 5^4}{11000 \cdot 1,15 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,G} = 4,65 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{EI}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,4 \cdot 5^4}{11000 \cdot 1,38 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,Q} = 8,99 \text{ mm}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{1}{48} \cdot \frac{Q_k l^3}{EI}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{1}{48} \cdot \frac{2 \cdot 5^3}{11000 \cdot 1,15 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,Q} = 4,12 \text{ mm}$$

Pro posouzení stropnice je rozhodující kombinace CO1, stálé zatížení s proměnným spojitým zatížením a to jak pro mezní stav únosnosti, tak pro mezní stav použitelnosti.

Posouzení mezního stavu únosnosti

Průřez se posoudí na maximální ohybový moment a maximální smykovou sílu vyplývající z obálky maximálních vnitřních sil.

Posouzení průřezu na ohyb:

maximální moment

$$M_{max} = 9,63 \text{ kNm}$$

napětí od ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{9,63 \cdot 10^{-3}}{9,6 \cdot 10^{-4}} = 10,03 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$10,03 \leq 14,77 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení průřezu na smyk:

maximální posouvající síla

$$V_{max} = 7,7 \text{ kN}$$

součinitel vlivu trhlin

$$k_{cr} = 0,67$$

efektivní plocha

$$A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h = 0,67 \cdot 0,10 \cdot 0,24 = 0,016 \text{ m}^2$$

napětí ve smyku

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{7,7 \cdot 10^{-3}}{0,016} = 0,718 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0,72 \leq 2,46 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

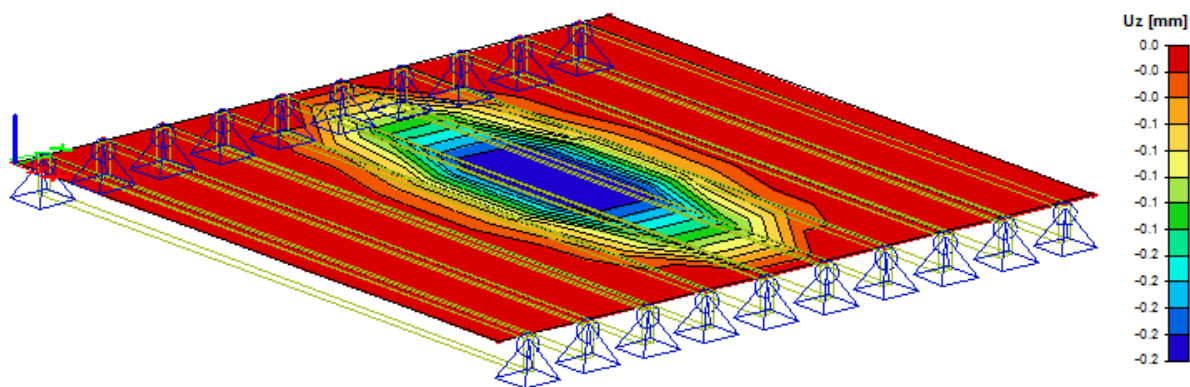
Posouzení mezního stavu použitelnosti

| | |
|--|--|
| kategorie proměnných zatížení | kategorie A: obytné plochy |
| součinitel pro proměnné zatížení | $\psi_2 = 0,3$ |
| Výsledný okamžitý průhyb | $w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 4,65 + 8,99 = 13,64 \text{ mm}$ |
| podmínka spolehlivosti pro okamžitý průhyb | $ w_{inst} \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$ $13,64 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |
| konečný průhyb stálého zatížení | $w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 4,65 \cdot (1 + 0,8)$ $w_{net,fin,G} = 7,44 \text{ mm}$ |
| konečný průhyb proměnného zatížení | $w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$ $w_{net,fin,Q} = 8,99 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) = 10,61 \text{ mm}$ |
| výsledný konečný průhyb | $w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 7,44 + 10,61$ $w_{net,fin} = 18,05 \text{ mm}$ |
| podmínka spolehlivosti pro konečný průhyb | $ w_{net,fin} \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$ $18,05 \leq 20,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Průřez je v mezním stavu únosnosti využit z 68% na ohyb a z 29% na smyk. O rozměrech průřezu rozhodoval mezní stav použitelnosti.

Posouzení kmitání stropní konstrukce

Jako náhradní zatížení za skutečné dynamické zatížení se používá jednotková soustředná síla. Pro výpočet průhybu w od jednotkové síly $F = 1 \text{ kN}$ byl použit program Scia Engineer, výsledek výpočtu je na obrázku 8.2. Předpokladem pro použití následujícího postupu posouzení je kloubové uložení stropu na všech čtyřech stranách. Půdorysný rozměr stropu je $5 \times 5 \text{ m}$. Pro stropy norma předpokládá hodnotu modálního tlumení $\zeta = 0,001$.



$$w = 0,2 \text{ mm}$$

Obr. 8.2 – výpočet průhybu od jednotkové síly

osová vzdálenost nosníků

$$o = 0,5 \text{ m}$$

ekvivalentní desková tuhost v
ohybu

$$(EI)_t = \frac{E_2 b h^3}{12 o} = \frac{11000 \cdot 100 \cdot 240^3}{12 \cdot 0,5}$$

$$(EI)_t = 2,53 \cdot 10^6 \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}}$$

$$(EI)_b = \frac{E_1 1000 t_1^3}{12} = \frac{4930 \cdot 1000 \cdot 22^3}{12}$$

$$(EI)_b = 4,37 \cdot 10^3 \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}}$$

frekvence

$$f_1 = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{(EI)_t}{m}} = \frac{\pi}{2 \cdot 5^2} \sqrt{\frac{2,53 \cdot 10^6}{128}} = 8,8 \text{ Hz}$$

m je hmotnost stropu v kgm^{-2}

$f_1 = 8,8 \text{ Hz} > 8 \text{ Hz}$ je nutné splnit následující podmínky v opačném případě by bylo nutné provést odborné vyšetření

kontrola mezní hodnoty průhybu

$$\frac{w}{F} \leq a$$

$$\frac{0,2}{1} \leq 1,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

počet tvarů se základní frekvencí
nižší než 40 Hz

$$n_{40} = \left(\left(\left(\frac{40}{f_1} \right) - 1 \right) \left(\frac{l_{\text{průvlak}}}{l_{\text{stropnice}}} \right)^4 \frac{(EI)_t}{(EI)_b} \right)^{0,25}$$

$$n_{40} = \left(\left(\left(\frac{40}{8,8} \right) - 1 \right) \left(\frac{5}{5} \right)^4 \frac{2,53 \cdot 10^6}{4,37 \cdot 10^3} \right)^{0,25} = 6,7$$

rychlost odezvy na jednotkový
impuls

$$v = \frac{4(0,4 + 0,6n_{40})}{m l_{průvlak} l_{stropnice} + 200} = \frac{4(0,4 + 0,6 \cdot 6,7)}{128 \cdot 5 \cdot 5 + 200}$$

$$v = 0,005$$

kontrola mezní hodnoty

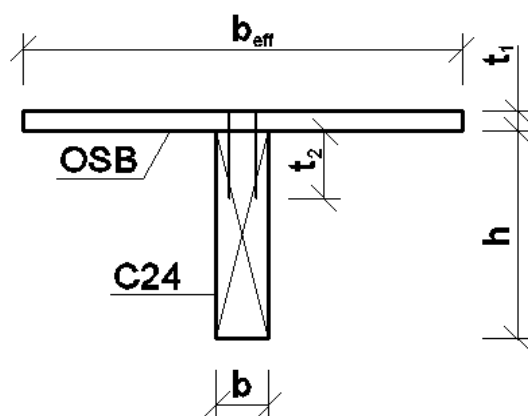
$$v \leq b^{(f_1 \zeta - 1)}$$

$$0,005 \leq 100^{(8,8 \cdot 0,01 - 1)}$$

$$0,005 \leq 0,015 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8.2 Stropnice varianta 2

Stropnice je tvořena stropním nosníkem o rozměrech 60 x 240 mm a horním záklopem z OSB desky se kterým spolupůsobí. Posuzuje se tedy T průřez s efektivní šířkou b_{eff} . Schéma je znázorněno na obrázku.



Obr. 8.3 – posuzovaný průřez

Charakteristika materiálu a prostředí

| materiál | OSB | C24 |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| zatížení | střednědobé | střednědobé |
| třída provozu | 1 | 1 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean,1} = 4930 \text{ MPa}$ | $E_{0,mean,2} = 11000 \text{ MPa}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_{m,1} = 1,2$ | $\gamma_{m,2} = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod,1} = 0,7$ | $k_{mod,2} = 0,8$ |

| | | |
|--|--|--|
| součinitel dotvarování | $k_{def,1} = 1,5$ | $k_{def,2} = 0,6$ |
| součinitel pro proměnné zatížení | $\psi_2 = 0,3$ (kategorie A: obytné budovy) | |
| průměrná hustota | $\rho_{m,1} = 650 \text{ kgm}^{-3}$ | $\rho_{m,2} = 420 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměrná hustota složeného průřezu | $\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1}\rho_{m,2}} = \sqrt{650 \cdot 420} = 522,5 \text{ kgm}^{-3}$ | |
| charakteristická hustota | $\rho_{k,1} = 550 \text{ kgm}^{-3}$ | $\rho_{k,2} = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| modul pružnosti pro výpočet konečného průhybu od stálého zatížení | $E_{mean,fin}^{s,1} = \frac{E_{0,mean,1}}{(1 + k_{def,1})}$ $E_{mean,fin}^{s,1} = \frac{4930}{(1 + 1,5)}$ $E_{mean,fin}^s = 1972 \text{ MPa}$ | $E_{mean,fin}^{s,2} = \frac{E_{0,mean,2}}{(1 + k_{def,2})}$ $E_{mean,fin}^{s,2} = \frac{11000}{(1 + 0,6)}$ $E_{mean,fin}^{s,2} = 6875 \text{ MPa}$ |
| modul pružnosti pro výpočet konečného průhybu od proměnného zatížení | $E_{mean,fin}^{u,1} = \frac{E_{0,mean,1}}{(1 + \psi_2 k_{def,1})}$ $E_{mean,fin}^{u,1} = \frac{4930}{(1 + 0,3 \cdot 1,5)}$ $E_{mean,fin}^{u,1} = 3400 \text{ MPa}$ | $E_{mean,fin}^{u,2} = \frac{E_{0,mean,2}}{(1 + \psi_2 k_{def,2})}$ $E_{mean,fin}^{u,2} = \frac{4930}{(1 + 0,3 \cdot 0,6)}$ $E_{mean,fin}^{u,2} = 9322 \text{ MPa}$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | | |
|------|----------------------------------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,1} = 16,4 \text{ MPa}$ | $f_{m,k,2} = 24 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k,1} = 15,4 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,k,2} = 21 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,k,1} = 9,4 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,k,2} = 14 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k,1} = 6,8 \text{ MPa}$ | $f_{v,k,2} = 4 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

$$f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m}$$

| | | |
|------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,1} = 9,57 \text{ MPa}$ | $f_{m,k,2} = 14,77 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,d,1} = 8,98 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,d,2} = 12,92 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,d,1} = 5,48 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,d,2} = 8,62 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d,1} = 3,97 \text{ MPa}$ | $f_{v,d,2} = 2,46 \text{ MPa}$ |

Spojovací prostředky - hřebíky kruhového průřezu, předvrtané

| | |
|--------------|-------------------------|
| mez pevnosti | $f_u = 600 \text{ MPa}$ |
|--------------|-------------------------|

| | |
|----------------------------|--|
| průměr | $d = 5 \text{ mm}$ |
| počet hřebíků vedle sebe | 2 |
| rozteč po délce nosníku | $s = 70 \text{ mm}$ |
| délka hřebíku | $l_h = 100 \text{ mm}$ |
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3f_u d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 5^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 11819 \text{ Nmm}^{-1}$ |
| modul prokluzu pro MSP | $k_{ser} = \rho_m^{1,5} \frac{2d}{23} = 522,5^{1,5} \frac{2 \cdot 5}{23} = 5193$ |
| modul prokluzu pro MSÚ | $k_u = \frac{2}{3} k_{ser} = \frac{2}{3} 5193 = 3462$ |

Průřezové charakteristiky

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| osová vzdálenost nosníků | $o = 500 \text{ mm}$ |
| délka nosníků | $l = 5000 \text{ mm}$ |

Parametry pro dřevo

| | |
|--|--|
| šířka průřezu C24 | $b = 60 \text{ mm}$ |
| výška průřezu C24 | $h = 240 \text{ mm}$ |
| vník hřebíku | $t_2 = 78 \text{ mm}$ |
| plocha C24 | $A_2 = b \cdot h = 60 \cdot 240 = 14400 \text{ mm}^2$ |
| moment setrvačnosti C24 | $I_2 = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 240^3 = 6,91 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$ |
| součinitel pro MSP i MSÚ | $\gamma_2 = 1$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSP – pro výpočet okamžitého průhybu | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,78 \cdot 4930 \cdot 11000 \cdot (22 + 240)}{2 \cdot (0,78 \cdot 4930 \cdot 11000 + 1 \cdot 11000 \cdot 14400)}$ $a_2 = 27,50 \text{ mm}$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSP – pro výpočet konečného průhybu od stálého zatížení | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,78 \cdot 1972 \cdot 11000 \cdot (22 + 240)}{2 \cdot (0,78 \cdot 1972 \cdot 11000 + 1 \cdot 6875 \cdot 14400)}$ $a_2 = 19,04 \text{ mm}$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSP – pro výpočet konečného | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ |

průhybu od proměnného zatížení

$$a_2 = \frac{0,78 \cdot 3400 \cdot 11000 \cdot (22 + 240)}{2 \cdot (0,78 \cdot 3400 \cdot 11000 + 1 \cdot 9322 \cdot 14400)}$$

$$a_2 = 23,29 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro
MSÚ

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$$

$$a_2 = \frac{0,7 \cdot 4930 \cdot 11000 \cdot (22 + 240)}{2 \cdot (0,7 \cdot 4930 \cdot 11000 + 1 \cdot 11000 \cdot 14400)}$$

$$a_2 = 25,26 \text{ mm}$$

Parametry pro OSB

tloušťka OSB desky

$$t_1 = 22 \text{ mm}$$

výpočet spolupůsobící šířky

$$b_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_{c,eff} + b_2 = 660 + 80 \\ o = 500 \end{array} \right\} = 500 \text{ mm}$$

$$b_{c,eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2l = 0,2 \cdot 5000 = 1000 \\ 30t_1 = 30 \cdot 22 = 660 \end{array} \right\} = 660 \text{ mm}$$

plocha OSB

$$A_1 = b_{eff} \cdot t_1 = 500 \cdot 22 = 11000 \text{ mm}^2$$

moment setrvačnosti OSB

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_1^3 = \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 22^3 = 4,44 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

součinitel pro MSP

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s / (K_{ser} l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 4930 \cdot 11000 \cdot 70 / (5193 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,78$$

součinitel pro MSÚ

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s / (K_u l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 4930 \cdot 11000 \cdot 70 / (3462 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,70$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 240}{2} - 27,50 = 103,50 \text{ mm}$$

– pro výpočet okamžitého

průhybu

vzdálenost neutrální osy pro MSP

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 240}{2} - 19,04 = 111,96 \text{ mm}$$

– pro výpočet konečného

průhybu od stálého zatížení

vzdálenost neutrální osy pro MSP

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 240}{2} - 23,29 = 107,71 \text{ mm}$$

– pro výpočet konečného

průhybu od proměnného zatížení

vzdálenost neutrální osy pro
MSÚ

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 240}{2} - 25,26 = 105,74 \text{ mm}$$

Výpočet účinné ohybové tuhosti

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet okamžitého průhybu

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 11000 + 11000 \cdot 14400 + 0,78$$

$$\cdot 4930 \cdot 11000 \cdot 103,50^2 + 1 \cdot 11000$$

$$\cdot 14400 \cdot 27,50^2$$

$$(EI)_{ef} = 1,33 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet konečného průhybu od
stálého zatížení

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 1972 \cdot 11000 + 6875 \cdot 14400 + 0,78$$

$$\cdot 1972 \cdot 11000 \cdot 111,96^2 + 1 \cdot 6875$$

$$\cdot 14400 \cdot 19,04^2$$

$$(EI)_{ef} = 0,72 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet konečného průhybu od
proměnného zatížení

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 3400 \cdot 11000 + 9322 \cdot 14400 + 0,78$$

$$\cdot 3400 \cdot 11000 \cdot 107,71^2 + 1 \cdot 9322$$

$$\cdot 14400 \cdot 23,29^2$$

$$(EI)_{ef} = 1,06 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSÚ

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 11000 + 11000 \cdot 14400 + 0,7$$

$$\cdot 4930 \cdot 11000 \cdot 105,74^2 + 1 \cdot 11000$$

$$\cdot 14400 \cdot 25,26^2$$

$$(EI)_{ef} = 1,29 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Stálé zatížení

Na stropnici působí zatížení od podlahy a podhledu a vlastní tíha stropního nosníku.

| | |
|---------------------------|--|
| plošné zatížení stropu | $g_{k,s} = 1,28 \text{ kNm}^{-2}$ |
| vlastní tíha nosníku | $g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,06 \cdot 0,24 \cdot \frac{350}{100} = 0,05 \text{ kNm}^{-1}$ |
| osová vzdálenost stropnic | $s = 0,5 \text{ m}$ |
| charakteristické zatížení | $g_k = s \cdot g_{k,s} + g_{k,n} = 0,5 \cdot 1,28 + 0,05$ $g_k = 0,7 \text{ kNm}^{-1}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_G = 1,35$ |
| návrhové zatížení | $g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 0,7 = 0,98 \text{ kNm}^{-1}$ |

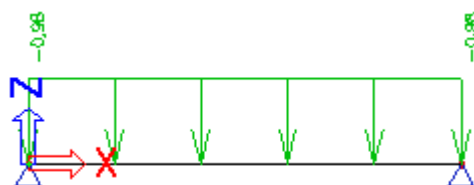
Zatěžovací stavy, vnitřní síly a průhyb

Stropnice je na průvlak uložena kloubově. Kombinace zatížení jsou dvě, v první působí na nosník stálé zatížení a spojité proměnné zatížení, v druhé kombinaci působí stálé zatížení a osamělé břemeno.

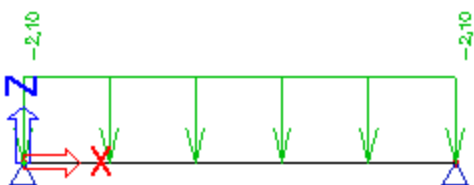
kombinace zatížení

C01

stálé zatížení

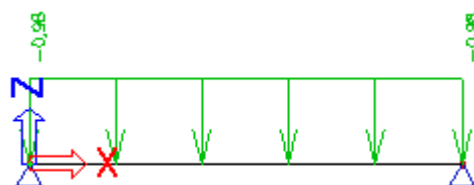


proměnné zatížení



C02

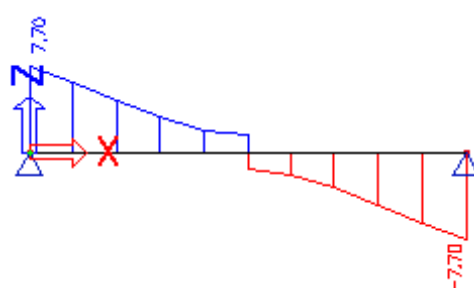
stálé zatížení



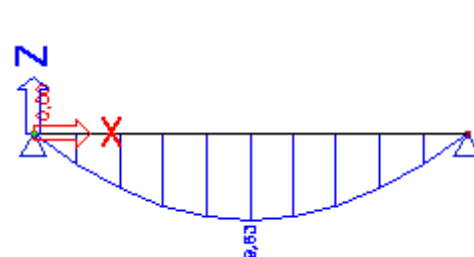
proměnné zatížení



obálka maximálních posouvajících sil



obálka maximálních ohybových momentů



Deska a stropnice se bude posuzovat zvlášť. Pro posouzení smykového napětí se předpokládá, že smyk přenesou pouze stropnice.

Posouzení průřezu v MSÚ

maximální moment $M_{max} = 9,63 \text{ kNm}$

maximální posouvající síla $V_{max} = 7,70 \text{ kN}$

deska

normálové napětí v tlaku $\sigma_1 = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,7 \cdot 4930 \cdot 103,5 \cdot 9,63}{1,29 \cdot 10^{12}} = 2,72 \text{ MPa}$

podmínka spolehlivosti $\sigma_1 \leq f_{c,0,d,1}$
 $2,72 \leq 8,98 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

dřevo

normálové napětí v tlaku $\sigma_2 = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 25,26 \cdot 9,63}{1,29 \cdot 10^{12}} = 2,08 \text{ MPa}$

normálové napětí v ohybu $\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 240 \cdot 9,63}{1,29 \cdot 10^{12}} = 9,88 \text{ MPa}$

podmínka spolehlivosti $\sigma_2 + \sigma_{m,2} \leq f_{m,d,2}$
 $2,08 + 9,88 \leq 14,77$
 $11,96 \leq 14,77 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

h pro výpočet smyku $h = 0,5 h_2 + a_2 = 0,5 \cdot 240 + 25,26 = 145,26 \text{ mm}$

smykové napětí $\tau_{max} = \frac{0,5 E_2 h^2 V}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 145,26^2 \cdot 7700}{1,29 \cdot 10^{12}}$

$$\tau_{max} = 0,69 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti $\tau_{max} \leq f_{v,d,2}$
 $0,69 \leq 2,46 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Posouzení průřezu v MSP

okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,7 \cdot 5^4}{1,33 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{inst,G} = 4,40 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od
proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,4 \cdot 5^4}{1,33 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{inst,Q} = 8,55 \text{ mm}$$

výsledný okamžitý průhyb
podmínka spolehlivosti pro
okamžitý průhyb

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 4,40 + 8,55 = 12,94 \text{ mm}$$

$$|w_{inst}| \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$$

$$12,94 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

konečný průhyb stálého
zatížení

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,7 \cdot 5^4}{0,72 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{net,fin,G} = 8,11 \text{ mm}$$

konečný průhyb proměnného
zatížení

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,4 \cdot 5^4}{1,06 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{net,fin,Q} = 10,80 \text{ mm}$$

výsledný konečný průhyb

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 8,11 + 10,80$$

$$w_{net,fin} = 18,91 \text{ mm}$$

podmínka spolehlivosti pro
konečný průhyb

$$|w_{net,fin}| \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$$

$$18,91 \leq 20,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení spřažení - jednostřížný hřebíkový spoj dřevo - deska

podélná smyková síla

$$F = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s V}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 14400 \cdot 25,26 \cdot 70 \cdot 7,7}{1,29 \cdot 10^{12}}$$

$$F = 1,68 \text{ kN}$$

pevnost v otlacení OSB

$$f_{h,1,k} = 65 \cdot t_1^{0,1} \cdot d^{-0,7} = 65 \cdot 22^{0,1} \cdot 5^{-0,7}$$

$$f_{h,1,k} = 28,70 \text{ Nmm}^{-2}$$

pevnost v otlacení dřeva C24

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 350 \cdot 5^{-0,3}$$

$$f_{h,2,k} = 17,71 \text{ Nmm}^{-2}$$

poměr pevností v otláčení

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{17,71}{28,70} = 0,62$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k}t_1d}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k}t_1d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}dt_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k}t_2d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k}dt_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,1,k}d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3157 \\ 6906 \\ 2479 \\ 1447 \\ 2766 \\ 1850 \end{array} \right\} = 1447 \text{ N} = 1,45 \text{ kN}$$

rozhoduje 4 mód: otláčí se dřevo a zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost dvou

spojovacích prostředků pro

OSB desku

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 1,45}{1,2} = 1,69 \text{ kN}$$

návrhová únosnost dvou

spojovacích prostředků pro

dřevo C24

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 2 \cdot \frac{0,8 \cdot 1,45}{1,3} = 1,78 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$F \leq \min\{F_{v,Rd}\}$$

$$1,69 \leq 1,69 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení minimálních roztečí spojovacích prostředků a vzdáleností od okrajů a konců je v tabulce 8.1.

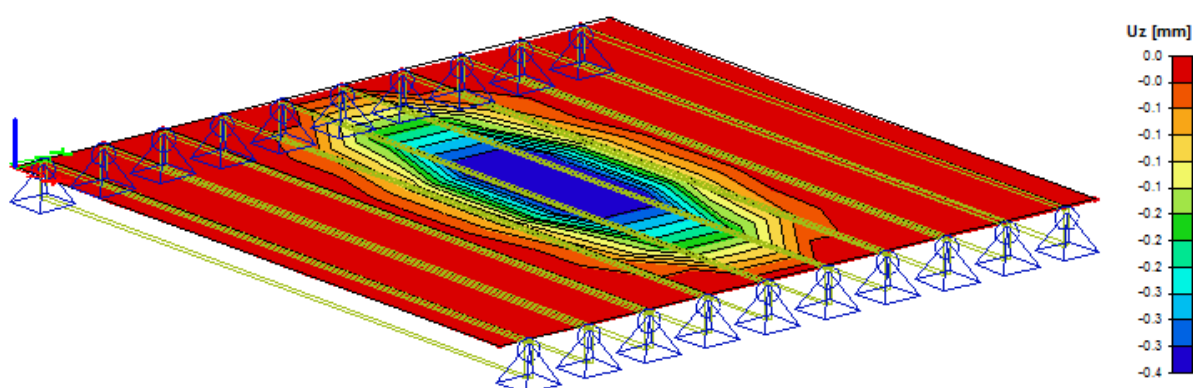
Tab. 8.1 – posouzení minimálních roztečí

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 42,5 | 70 | vyhovuje |
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $4d$ | 0 | 20 | 30 | vyhovuje |
| $a_{3,t}$ | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 80 | 80 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 15 | 15 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 15 | 15 | vyhovuje |

OSB deska je využita v tlaku na 30%, dřevěný trám je využit v ohybu na 81% a ve smyku, který přenáší jen žebro, je průřez využit na 28%.

Posouzení kmitání stropní konstrukce

Náhradní zatížení za skutečné dynamické zatížení se používá jednotková soustředná síla. Pro výpočet průhybu w od jednotkové síly $F = 1$ kN byl použit program Scia Engineer, výsledek výpočtu je na obrázku 8.4. Předpokladem pro použití následujícího postupu posouzení je kloubové uložení stropu na všech čtyřech stranách. Půdorysný rozměr stropu je 5 x 5m. Pro stropy norma předpokládá hodnotu modálního tlumení $\zeta = 0,001$.



$$w = 0,4 \text{ mm}$$

Obr. 8.4 – výpočet průhybu od jednotkové síly

osová vzdálenost nosníků

$$o = 0,5 \text{ m}$$

ekvivalentní desková tuhost v
ohybu

$$(EI)_t = \frac{(EI)_{ef}}{o} = \frac{1,33 \cdot 10^6}{0,5}$$

$$(EI)_t = 2,66 \cdot 10^6 \frac{Nm^2}{m}$$

$$(EI)_b = \frac{E_1 1000 t_1^3}{12} = \frac{4930 \cdot 1000 \cdot 22^3}{12}$$

$$(EI)_b = 4,37 \cdot 10^3 \frac{Nm^2}{m}$$

frekvence

$$f_1 = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{(EI)_t}{m}} = \frac{\pi}{2 \cdot 5^2} \sqrt{\frac{2,66 \cdot 10^6}{128}} = 9,1 \text{ Hz}$$

m je hmotnost stropu v kgm^{-2}

$f_1 = 9,1 \text{ Hz} > 8 \text{ Hz}$ je nutné splnit následující
podmínky v opačném případě by bylo nutné
provést odborné vyšetření

kontrola mezní hodnoty průhybu

$$\frac{w}{F} \leq a$$

$$\frac{0,4}{1} \leq 1,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

počet tvarů se základní frekvencí
nižší než 40 Hz

$$n_{40} = \left(\left(\left(\frac{40}{f_1} \right) - 1 \right) \left(\frac{l_{průvlak}}{l_{stropnice}} \right)^4 \frac{(EI)_t}{(EI)_b} \right)^{0,25}$$

$$n_{40} = \left(\left(\left(\frac{40}{9,1} \right) - 1 \right) \left(\frac{5}{5} \right)^4 \frac{2,66 \cdot 10^6}{4,37 \cdot 10^3} \right)^{0,25} = 6,8$$

rychlost odezvy na jednotkový
impuls

$$v = \frac{4(0,4 + 0,6n_{40})}{m l_{průvlak} l_{stropnice} + 200} = \frac{4(0,4 + 0,6 \cdot 6,8)}{128 \cdot 5 \cdot 5 + 200}$$

$$v = 0,005$$

kontrola mezní hodnoty

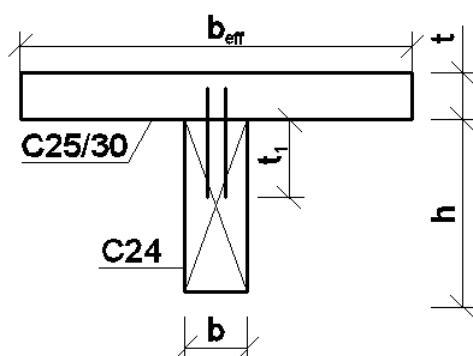
$$v \leq b^{(f_1 \zeta - 1)}$$

$$0,005 \leq 100^{(9,1 \cdot 0,01 - 1)}$$

$$0,005 \leq 0,024 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8.3 Stropnice varianta 3

Stropnice je tvořena stropním nosníkem o rozměrech 80 x 220 mm spřaženým s betonovou deskou tloušťky 60 mm. Posuzovaný průřez je na obrázku 8.5.



Obr. 8.5 – posuzovaný průřez

Průřezové charakteristiky

osová vzdálenost nosníků $o = 500 \text{ mm}$
 délka nosníků $l = 5000 \text{ mm}$

Parametry pro dřevo

šířka průřezu C24 $b = 80 \text{ mm}$
 výška průřezu C24 $h = 220 \text{ mm}$
 vnik hřebíku $t_1 = 100 \text{ mm}$
 plocha C24 $A_2 = b \cdot h = 80 \cdot 220 = 17600 \text{ mm}^2$
 moment setrvačnosti C24 $I_2 = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 80 \cdot 220^3 = 7,10 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$

Parametry pro beton

tloušťka desky $t = 60 \text{ mm}$
 polovina světlé vzdálenosti mezi nosníky $b_1 = b_2 = \frac{o - b}{2} = \frac{500 - 80}{2} = 210 \text{ mm}$
 výpočet spolupůsobící šířky $b_{eff,1} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2b_i + 0,1l = 0,2 \cdot 210 + 0,1 \cdot 5000 \\ 0,2l = 0,2 \cdot 5000 \\ b_i = 210 \end{array} \right\}$
 $b_{eff,1} = b_{eff,2} = \min \left\{ \begin{array}{l} 542 \\ 1000 \\ 210 \end{array} \right\} = 210 \text{ mm}$
 $b_{eff} = b_{eff,1} + b_{eff,2} + b = 210 + 210 + 80$

$$b_{eff} = 500 \text{ mm} \leq o = 500 \text{ mm}$$

plocha desky

$$A_1 = b_{eff} \cdot t = 500 \cdot 60 = 30000 \text{ mm}^2$$

moment setrvačnosti desky

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t^3 = \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 60^3 = 9,00 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Stálé zatížení

Na stropnici působí zatížení od podlahy a podhledu a vlastní tíha stropního nosníku.

plošné zatížení stropu

$$g_{k,s} = 2,51 \text{ kNm}^{-2}$$

vlastní tíha nosníku

$$g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,08 \cdot 0,22 \cdot \frac{350}{100} = 0,06 \text{ kNm}^{-1}$$

osová vzdálenost stropnic

$$s = 0,5 \text{ m}$$

charakteristické zatížení

$$g_k = s \cdot g_{k,s} + g_{k,n} = 0,5 \cdot 2,51 + 0,06$$

$$g_k = 1,32 \text{ kNm}^{-1}$$

bezpečnostní součinitel

$$\gamma_G = 1,35$$

návrhové zatížení

$$g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,32 \cdot 1,35 = 1,78 \text{ kNm}^{-1}$$

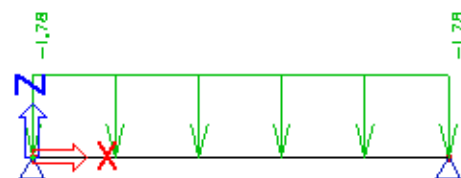
Zatěžovací stavy, vnitřní síly a průhyb

Stropnice je na průvlak uložena kloubově. Kombinace zatížení jsou dvě, v první působí na nosník stálé zatížení a spojitě proměnné zatížení, v druhé kombinaci působí stálé zatížení a osamělé břemeno.

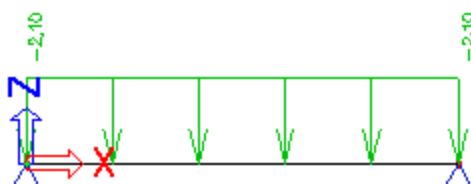
kombinace zatížení:

C01

stálé zatížení

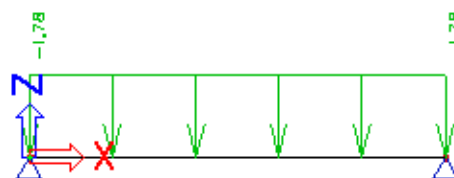


proměnné zatížení



C02

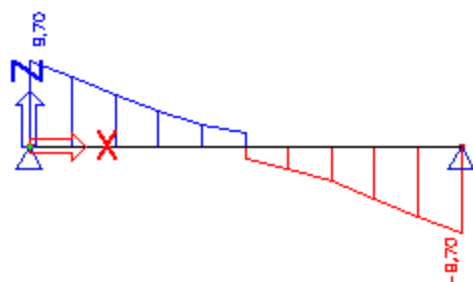
stálé zatížení



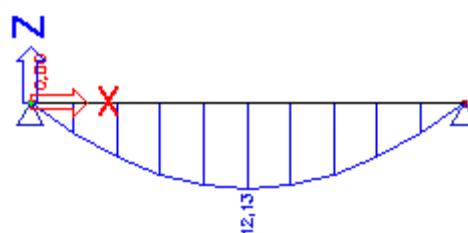
proměnné zatížení



obálka maximálních posouvajících sil



obálka maximálních ohybových momentů



procentuální podíl zatížení

stálé

$$p_s = 49\% = 0,49$$

proměnné

$$p_p = 51\% = 0,51$$

Charakteristika materiálu a prostředí - beton

materiál C25/30

modul pružnosti $E_{cm} = 30500 \text{ MPa}$

součinitel spolehlivosti $\gamma_c = 1,5$

charakteristické pevnosti materiálu

tlak $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

tah $f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$

návrhové pevnosti materiálu

$$f_{x,d} = \frac{f_{x,k}}{\gamma_c}$$

tlak $f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$

tah $f_{ctm} = 1,73 \text{ MPa}$

ohyb $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 25 + 8 = 33 \text{ MPa}$

výpočet součinitele dotvarování

obvod prvku vystavený okolnímu prostředí $u = 2 \cdot b_{eff} = 2 \cdot 500 = 1000 \text{ mm}$

pro prostředí

náhradní rozměr průřezu $h_0 = \frac{2 \cdot A_2}{u} = \frac{2 \cdot 30000}{1000} = 60 \text{ mm}$

součinitel vlivu pevnosti $\alpha_3 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0,5} = \left(\frac{35}{33}\right)^{0,5} = 1,03$

relativní vlhkost okolního prostředí $RH = 50\%$

pro prostředí

součinitel závislý na relativní vlhkosti a náhradním rozměru $\text{pro } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$

$\beta_H = 1,5 \cdot [1 + (0,012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \leq 1500$

| | |
|---|---|
| | $\beta_H = 1,5 \cdot [1 + (0,012 \cdot 50)^{18}] \cdot 60 + 250 \leq 1500$ |
| | $\beta_H = 340,01 \leq 1500$ |
| | $\beta_H = 340,01$ |
| součinitel závislý na relativní vlhkosti | $pro f_{cm} \leq 35 MPa$ $\varphi_{RH} = 1 + \frac{\left(1 - \frac{RH}{100}\right)}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{\left(1 - \frac{50}{100}\right)}{0,1 \cdot \sqrt[3]{60}} = 2,277$ |
| součinitel vystihující vliv pevnosti betonu | $\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16,8}{\sqrt{33}} = 2,925$ |
| stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení | $t_0 = 60 \text{ dní}$ |
| součinitel vystihující vliv stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení | $\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + t_0^{0,2}} = \frac{1}{0,1 + 60^{0,2}} = 0,422$ |
| základní součinitel dotvarování | $\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) = 2,277 \cdot 2,925 \cdot 0,422$ $\varphi_0 = 2,812$ |
| součinitel dotvarování se vypočte zvlášť pro střednědobé zatížení a zvlášť pro stálé stáří betonu v uvažovaném okamžiku | $t_1 = 120 \text{ dní}$ střednědobé zatížení $t_2 = 36500 \text{ dní}$ stálé zatížení |
| součinitel časového průběhu | $\beta_c(t, t_0) = \left(\frac{t_i - t_0}{\beta_H + t_i - t_0}\right)^{0,3}$ |
| | pro t_1 $\beta_c(t, t_0) = \left(\frac{120 - 60}{340 + 120 - 60}\right)^{0,3} = 0,566$ |
| | pro t_2 $\beta_c(t, t_0) = \left(\frac{36500 - 60}{36500 + 120 - 60}\right)^{0,3} = 0,997$ |
| součinitel dotvarování | $\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta(t, t_0)$ pro t_1 $\varphi(t_1, t_0) = 2,812 \cdot 0,566 = 1,592$ pro t_2 $\varphi(t_2, t_0) = 2,812 \cdot 0,997 = 2,805$ |
| modul pružnosti po proběhnutí dotvarování | $E_{fin,1} = E_{cm} \cdot \left(\frac{p_s}{1 + \varphi(t_2, t_0)} + \frac{p_p}{1 + \varphi(t_1, t_0)}\right)$ $E_{fin,1} = 30500 \cdot \left(\frac{0,49}{1 + 2,805} + \frac{0,51}{1 + 1,592}\right)$ $E_{fin,1} = 9947 MPa$ |

Charakteristika materiálu a prostředí - dřevo

| | |
|---|--|
| materiál | C24 |
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 1 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,8$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,6$ |
| součinitel pro proměnné zatížení | $\psi_2 = 0,3$ (kategorie A: obytné budovy) |
| průměrná hustota | $\rho_{m,2} = 420 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměrná hustota složeného průřezu | $\rho_m = 2 \cdot \rho_{m,2} = 2 \cdot 420 = 840 \text{ kgm}^{-3}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_{k,2} = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| modul pružnosti po proběhnutí dotvarování | $E_{fin,2} = E_{0,mean} \cdot \left(\frac{p_s}{1 + k_{def}} + \frac{p_p}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}} \right)$ $E_{fin,2} = 11000 \cdot \left(\frac{0,49}{1 + 0,6} + \frac{0,51}{1 + 0,3 \cdot 0,6} \right)$ $E_{fin,2} = 8135 \text{ MPa}$ |

Charakteristické pevnosti

| | |
|------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,2} = 24 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,k,2} = 14 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k,2} = 4 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|------|--|
| | $f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m}$ |
| ohyb | $f_{m,d,2} = 14,77 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,d,2} = 8,62 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d,2} = 2,46 \text{ MPa}$ |

Spojovací prostředky – hřebíky kruhového průřezu, předvrtané

| | |
|--------------|-------------------------|
| mez pevnosti | $f_u = 600 \text{ MPa}$ |
|--------------|-------------------------|

| | |
|---------------------------------------|---|
| průměr | $d = 6 \text{ mm}$ |
| počet hřebíků vedle sebe | 2 |
| rozteč po délce nosníku | $s = 60 \text{ mm}$ |
| délka hřebíku | $l_h = 140 \text{ mm}$ |
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 f_u d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 6$ $M_{y,Rk} = 18987 \text{ Nmm}^{-1}$ |
| modul prokluzu pro MSP | $k_{ser} = \rho_m^{1,5} \frac{2d}{23} = 840^{1,5} \frac{2 \cdot 6}{23} = 12702$ |
| modul prokluzu pro MSÚ | $k_u = \frac{2}{3} k_{ser} = \frac{2}{3} 12702 = 8468$ |
| modul prokluzu pro MSP po dotvarování | $k_{ser,fin} = k_{ser} \cdot \left(\frac{p_s}{1 + k_{def}} + \frac{p_p}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}} \right)$ $k_{ser,fin} = 12702 \cdot \left(\frac{0,49}{1 + 0,6} + \frac{0,51}{1 + 0,3 \cdot 0,6} \right)$ $k_{ser,fin} = 9393 \text{ MPa}$ |
| modul prokluzu pro MSÚ po dotvarování | $k_{u,fin} = \frac{2}{3} k_{ser,fin} = \frac{2}{3} 9393 = 6262$ |

Průřezové charakteristiky pro dřevo

| | |
|---|---|
| součinitel pro MSP i MSÚ | $\gamma_2 = 1$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSP – pro výpočet v čase t_0 | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_{cm} A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,37 \cdot 30500 \cdot 30000 \cdot (60 + 220)}{2 \cdot (0,37 \cdot 30500 \cdot 30000 + 1 \cdot 11000 \cdot 17600)}$ $a_2 = 89,02 \text{ mm}$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSP – pro výpočet v čase t_∞ | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_{fin,1} A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,57 \cdot 9947 \cdot 30000 \cdot (60 + 220)}{2 \cdot (0,57 \cdot 9947 \cdot 30000 + 1 \cdot 8135 \cdot 17600)}$ $a_2 = 76,05 \text{ mm}$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSÚ – pro výpočet v čase t_0 | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_{cm} A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,28 \cdot 30500 \cdot 30000 \cdot (30 + 220)}{2 \cdot (0,28 \cdot 30500 \cdot 30000 + 1 \cdot 11000 \cdot 17600)}$ $a_2 = 79,86 \text{ mm}$ |

vzdálenost neutrální osy pro
MSÚ – pro výpočet v čase t_∞

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_{fin,1} A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$$

$$a_2 = \frac{0,47 \cdot 9947 \cdot 30000 \cdot (60 + 220)}{2 \cdot (0,47 \cdot 9947 \cdot 30000 + 1 \cdot 60000 \cdot 17600)}$$

$$a_2 = 69,26 \text{ mm}$$

Průřezové charakteristiky pro beton

součinitel pro MSP – pro výpočet
v čase t_0

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_{cm} A_1 s / (K_{ser} l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 30500 \cdot 30000 \cdot 60 / (12702 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,37$$

součinitel pro MSP – pro výpočet
v čase t_∞

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_{1,fin} A_1 s / (K_{ser,fin} l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 9947 \cdot 30000 \cdot 60 / (9393 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,57$$

součinitel pro MSÚ – pro výpočet
v čase t_0

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_{cm} A_1 s / (K_u l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 30500 \cdot 30000 \cdot 60 / (8468 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,28$$

součinitel pro MSÚ – pro výpočet
v čase t_∞

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_{1,fin} A_1 s / (K_{u,fin} l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 9947 \cdot 30000 \cdot 60 / (6262 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,47$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP
– pro výpočet v čase t_0

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{60 + 220}{2} - 89,02 = 50,98 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP
– pro výpočet v čase t_∞

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{60 + 220}{2} - 76,05 = 63,95 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro
MSÚ – pro výpočet v čase t_0

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{60 + 220}{2} - 79,86 = 60,14 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro
MSÚ – pro výpočet v čase t_∞

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{60 + 220}{2} - 69,26 = 70,74 \text{ mm}$$

Výpočet účinné ohybové tuhosti

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet v čase t_0

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 30500 \cdot 30000 + 11000 \cdot 17600 + 0,37 \\ \cdot 30500 \cdot 30000 \cdot 50,98^2 + 1 \cdot 11000 \\ \cdot 17600 \cdot 89,02^2$$

$$(EI)_{ef} = 3,47 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet v čase t_∞

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 9947 \cdot 30000 + 8135 \cdot 17600 + 0,57 \\ \cdot 9947 \cdot 30000 \cdot 63,95^2 + 1 \cdot 8135 \\ \cdot 17600 \cdot 76,05^2$$

$$(EI)_{ef} = 2,19 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSÚ – pro
výpočet v čase t_0

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 30500 \cdot 30000 + 11000 \cdot 17600 + 0,28 \\ \cdot 305000 \cdot 30000 \cdot 60,14^2 + 1 \cdot 11000 \\ \cdot 17600 \cdot 79,86^2$$

$$(EI)_{ef} = 3,22 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSÚ – pro
výpočet v čase t_∞

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 9947 \cdot 30000 + 8135 \cdot 17600 + 0,47 \\ \cdot 9947 \cdot 30000 \cdot 70,74^2 + 1 \cdot 8135 \\ \cdot 17600 \cdot 69,26^2$$

$$(EI)_{ef} = 2,06 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Betonová deska se posoudí na normálové napětí v tlaku a tahu a dřevěný trám se posoudí na smyk a ohyb. Dále se vypočte napětí v konečném stavu, protože beton vykazuje v porovnání se dřevem vyšší deformace dotvarováním, v dřevěném trámu bude v konečném stavu větší napětí, napětí v betonové desce se naopak zmenší.

Posouzení průřezu v MSÚ

maximální moment $M_{max} = 12,13 \text{ kNm}$

maximální posouvající síla $V_{max} = 9,7 \text{ kN}$

deska – počáteční stav

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_1 E_{cm} a_1 M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,28 \cdot 30500 \cdot 60,14 \cdot 12,13}{3,22 \cdot 10^{12}}$$

$$\sigma_1 = 1,94 \text{ MPa}$$

normálové napětí v ohybu

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_{cm} h M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 30500 \cdot 60 \cdot 12,13}{3,22 \cdot 10^{12}}$$

$$\sigma_{m,1} = 3,45 \text{ MPa}$$

napětí v tlaku

$$\sigma_{c,d} = \sigma_1 + \sigma_{m,1} = 1,94 + 3,45 = 5,39 \text{ MPa}$$

napětí v tahu

$$\sigma_{t,d} = \sigma_{m,1} - \sigma_1 = 3,45 - 1,94 = 1,51 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti pro

$$\sigma_{c,d} \leq f_{c,d}$$

napětí v tlaku

$$5,39 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 32%

podmínka spolehlivosti pro

$$\sigma_{t,d} \leq f_{ctm,d}$$

napětí v tahu

$$1,51 \leq 1,73 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 87%

deska – konečný stav

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_1 E_{1,fin} a_1 M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,47 \cdot 9947 \cdot 70,74 \cdot 12,13}{2,06 \cdot 10^{12}}$$

$$\sigma_1 = 1,95 \text{ MPa}$$

normálové napětí v ohybu

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_{1,fin} h M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 9947 \cdot 60 \cdot 12,13}{2,06 \cdot 10^{12}}$$

$$\sigma_{m,1} = 1,76 \text{ MPa}$$

napětí v tlaku

$$\sigma_{c,d} = \sigma_1 + \sigma_{m,1} = 1,95 + 1,76 = 3,71 \text{ MPa}$$

napětí v tahu

$$\sigma_{t,d} = \sigma_{m,1} - \sigma_1 = 1,76 - 1,95 = -0,19 \text{ MPa}$$

→ v desce tah nevznikne, není nutné posouzení

podmínka spolehlivosti pro

$$\sigma_{c,d} \leq f_{c,d}$$

napětí v tlaku

$$3,71 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 22%

dřevo – počáteční stav

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_2 E_{0,mean} a_2 M}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 69,26 \cdot 12,13}{3,22 \cdot 10^{12}}$$

$$\sigma_2 = 3,31 \text{ MPa}$$

normálové napětí v ohybu

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5E_{0,mean}hM}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 220 \cdot 12,13}{3,22 \cdot 10^{12}}$$

$$\sigma_{m,2} = 4,56 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_2 + \sigma_{m,2} \leq f_{t,0,d,2}$$

$$3,31 + 4,56 \leq 14,77$$

$$7,87 \leq 14,77 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 53%

h pro výpočet smyku

$$h = 0,5h_2 + a_2 = 0,5 \cdot 220 + 79,86 = 189,86 \text{ mm}$$

smykové napětí

$$\tau_{max} = \frac{0,5E_{0,mean}h^2V}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 189,86^2 \cdot 9700}{3,22 \cdot 10^{12}}$$

$$\tau_{max} = 0,60 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\tau_{max} \leq f_{v,d,2}$$

$$0,60 \leq 2,46 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 24%

dřevo – konečný stav

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_2 E_{2,fin} a_2 M}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 8135 \cdot 69,26 \cdot 12,13}{2,06 \cdot 10^{12}}$$

$$\sigma_2 = 3,33 \text{ MPa}$$

normálové napětí v ohybu

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5E_{2,fin}hM}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 8135 \cdot 220 \cdot 12,13}{2,06 \cdot 10^{12}}$$

$$\sigma_{m,2} = 5,28 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_2 + \sigma_{m,2} \leq f_{t,0,d,2}$$

$$3,33 + 5,28 \leq 14,77$$

$$8,61 \leq 14,77 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 58%

h pro výpočet smyku

$$h = 0,5h_2 + a_2 = 0,5 \cdot 220 + 69,26 = 179,26 \text{ mm}$$

smykové napětí

$$\tau_{max} = \frac{0,5E_2h^2V}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 8135 \cdot 179,26^2 \cdot 9700}{2,06 \cdot 10^{12}}$$

$$\tau_{max} = 0,62 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\tau_{max} \leq f_{v,d,2}$$

$$0,62 \leq 2,46 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 25%

Posouzení průřezu v MSP

okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,32 \cdot 5^4}{3,47 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{inst,G} = 3,10 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,4 \cdot 5^4}{3,47 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{inst,Q} = 3,29 \text{ mm}$$

výsledný okamžitý průhyb
podmínka spolehlivosti pro
okamžitý průhyb

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 3,10 + 3,29 = 6,38 \text{ mm}$$

$$|w_{inst}| \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$$

$$6,38 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

konečný průhyb stálého zatížení

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,32 \cdot 5^4}{2,19 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{net,fin,G} = 5,20 \text{ mm}$$

konečný průhyb proměnného zatížení

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,4 \cdot 5^4}{2,19 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{net,fin,Q} = 4,90 \text{ mm}$$

výsledný konečný průhyb

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 5,20 + 4,90$$

$$w_{net,fin} = 10,10 \text{ mm}$$

podmínka spolehlivosti pro
konečný průhyb

$$|w_{net,fin}| \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$$

$$10,10 \leq 20,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení spřažení - jednostřížný hřebíkový spoj dřevo - deska

Spoj je posouzeno jako spoj dřeva s tlustou ocelovou deskou jednostřížně namáhanou.

podélná smyková síla

$$F = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s V}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 17600 \cdot 79,86 \cdot 60 \cdot 9,7}{3,22 \cdot 10^{12}}$$

v počátečním stavu $F = 2,79 \text{ kN}$

podélná smyková síla $F = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s V}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 8135 \cdot 17600 \cdot 69,26 \cdot 60 \cdot 9,7}{2,06 \cdot 10^{12}}$

v konečném stavu $F = 2,81 \text{ kN}$

pevnost v otlacení dřeva C24 $f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 350 \cdot 6^{-0,3}$

$f_{h,k} = 16,77 \text{ Nmm}^{-2}$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} \\ f_{h,k} t_1 d \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4433 \\ 3179 \\ 10060 \end{array} \right\} = 3179 \text{ N} = 3,18 \text{ kN}$$

rozhoduje 2 mód: otlací se dřevo a zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost dvou spojovacích prostředků $F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 2 \cdot \frac{0,8 \cdot 3,18}{1,3} = 7,83 \text{ kN}$

podmínka spolehlivosti $F \leq F_{v,Rd}$

$2,81 \leq 7,83 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

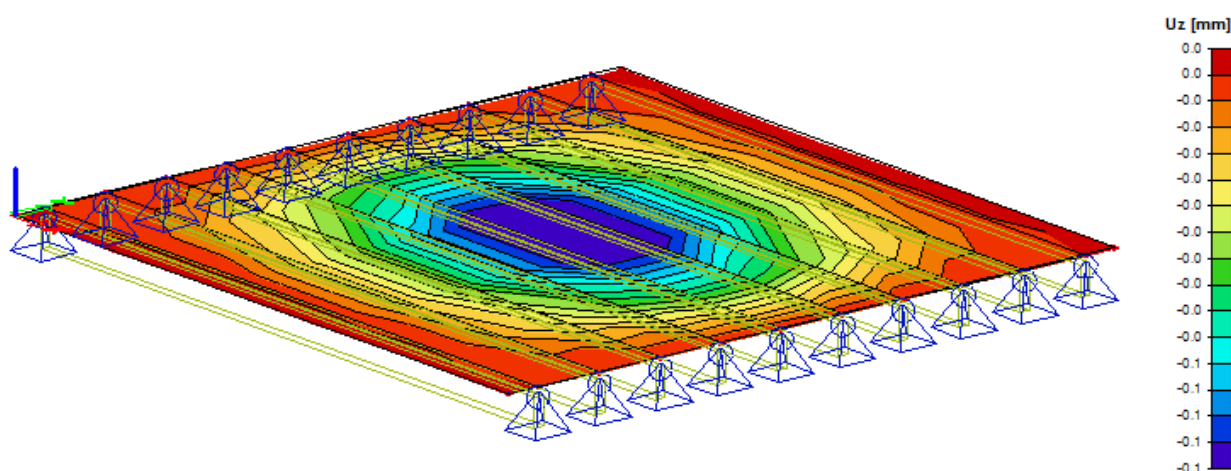
Tab. 8.2 – Minimální rozteče pro spojovací prostředky

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|------------------|--|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a ₁ | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 51 | 60 | vyhovuje |
| a ₂ | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 4d | 0 | 24 | 24 | vyhovuje |
| a _{3,t} | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 80 | 80 | vyhovuje |
| a _{4,t} | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 18 | 18 | vyhovuje |
| a _{4,c} | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 3d | 180 | 18 | 18 | vyhovuje |

Deska je v počátečním stavu využita na tlak z 32% a v konečném stav z 22%, tahem je deska namáhána v počátečním stavu na 87% a v konečném stavu z ní tah vymizí. Dřevo je využito v ohybu na 53% v počátečním stavu a na 58% v konečném stavu. Napětí v desce se oproti počátečnímu stavu zmenší o 10% a napětí v dřevě se naopak zvětší o 5%. Napětí ve smyku se příliš nezmění, v počátečním stavu je průřez využit na 24% a v konečném na 25%.

Posouzení kmitání stropní konstrukce

Náhradní zatížení za skutečné dynamické zatížení se používá jednotková soustředná síla. Pro výpočet průhybu w od jednotkové síly $F = 1 \text{ kN}$ byl použit program Scia Engineer, výsledek výpočtu je na obrázku 8.6. Předpokladem pro použití následujícího postupu posouzení je kloubové uložení stropu na všech čtyřech stranách. Půdorysný rozměr stropu je $5 \times 5 \text{ m}$. Pro stropy norma předpokládá hodnotu modálního tlumení $\zeta = 0,001$.



$$w = 0,1 \text{ mm}$$

Obr. 8.6 – výpočet průhybu od jednotkové síly

osová vzdálenost nosníků

$$o = 0,5 \text{ m}$$

ekvivalentní desková tuhost v
ohybu

$$(EI)_t = \frac{(EI)_{ef}}{o} = \frac{3,47 \cdot 10^6}{0,5}$$

$$(EI)_t = 6,94 \cdot 10^6 \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}}$$

$$(EI)_b = \frac{E_1 1000 t_1^3}{12} = \frac{30500 \cdot 1000 \cdot 60^3}{12}$$

$$(EI)_b = 5,49 \cdot 10^5 \frac{\text{Nm}^2}{\text{m}}$$

frekvence

$$f_1 = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{(EI)_t}{m}} = \frac{\pi}{2 \cdot 5^2} \sqrt{\frac{6,94 \cdot 10^6}{251}} = 10,4 \text{ Hz}$$

m je hmotnost stropu v kgm^{-2}

$f_1 = 10,4 \text{ Hz} > 8 \text{ Hz}$ je nutné splnit následující podmínky v opačném případě by bylo nutné provést odborné vyšetření

kontrola mezní hodnoty průhybu $\frac{w}{F} \leq a$

$$\frac{0,1}{1} \leq 1,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

počet tvarů se základní frekvencí nižší než 40 Hz

$$n_{40} = \left(\left(\left(\frac{40}{f_1} \right) - 1 \right) \left(\frac{l_{\text{průvlak}}}{l_{\text{stropnice}}} \right)^4 \frac{(EI)_t}{(EI)_b} \right)^{0,25}$$
$$n_{40} = \left(\left(\left(\frac{40}{10,4} \right) - 1 \right) \left(\frac{5}{5} \right)^4 \frac{6,94 \cdot 10^6}{5,49 \cdot 10^5} \right)^{0,25} = 2,45$$

rychlost odezvy na jednotkový impuls

$$v = \frac{4(0,4 + 0,6n_{40})}{m l_{\text{průvlak}} l_{\text{stropnice}} + 200} = \frac{4(0,4 + 0,6 \cdot 2,45)}{251 \cdot 5 \cdot 5 + 200}$$
$$v = 0,001$$

kontrola mezní hodnoty

$$v \leq b^{(f_1 \zeta - 1)}$$
$$0,001 \leq 80^{(10,4 \cdot 0,01 - 1)}$$
$$0,001 \leq 0,020 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

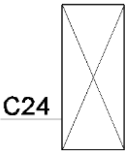
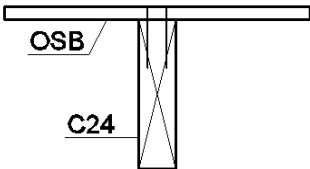
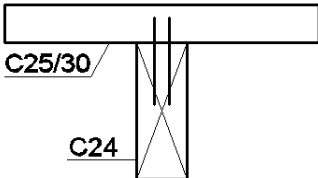
8.4 Srovnání variant stropu

V případě varianty 1 nebylo počítáno se spolupůsobením desky, u varianty 2 se počítá se spolupůsobením OSB desky, což vyžaduje dle normy [10] ČSN EN 1995-1-1 jiný výpočetní postup pro výpočet napětí a posouzení průřezu. Varianta 3 je dřevo spřažené s betonovou deskou. V tabulce 8.3 je srovnání využití průřezů všech variant. Všechny 3 varianty mají osovou vzdálenost trámů 0,5m.

V prvních dvou variantách rozhodoval o návrhu průřezu stropního trámu mezní stav použitelnosti, ve třetí variantě rozhodovalo napětí v tahu v betonové desce. Z hlediska tuhosti vychází nejlépe dřevobetonový strop, má také nejmenší průhyby a největší

vlastní frekvenci. Výška dřevěného trámu se musela kvůli větší tloušťce desky zmenšit na 220 mm. Z ekonomického hlediska i z hlediska pracnosti bych zvolila variantu 2, má nejmenší spotřebu dřeva a reakce na průvlak je díky menší hmotnosti stropu menší, lze tedy předpokládat i menší dimenzi průřezu hlavního nosníku pro tuto variantu.

Tab. 8.3 – Srovnání variant stropu

| varianta 1 trám | varianta 2 trám spřažený s OSB deskou | varianta 3 trám spřažený s betonovou deskou |
|---|---|---|
|  |  |  |
| rozměr dřevěného trámu a jeho plocha $b \cdot h = A$ | | |
| $100 \cdot 240 = 24000 \text{ mm}^2$ | $60 \cdot 240 = 14400 \text{ mm}^2$ | $80 \cdot 220 = 17600 \text{ mm}^2$ |
| využití dřevěného trámu v ohybu | | |
| 68 % | 81 % | 58 % |
| využití ve smyku | | |
| 29 % | 28 % | 25 % |
| tuhost pro MSÚ | | |
| $EI = 1,27 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$ | $(EI)_{ef} = 1,29 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$ | $(EI)_{ef} = 3,22 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$ |
| výsledný okamžitý průhyb a využití průřezu v průhybu | | |
| $w_{inst} = 13,64 \text{ mm}$ 82% | $w_{inst} = 12,94 \text{ mm}$ 78% | $w_{inst} = 6,38 \text{ mm}$ 39% |
| výsledný konečný průhyb a využití průřezu v průhybu | | |
| $w_{net,fin} = 18,05 \text{ mm}$ 90% | $w_{net,fin} = 18,9 \text{ mm}$ 95% | $w_{net,fin} = 10,10 \text{ mm}$ 51% |
| vlastní frekvence stropu | | |
| $f_1 = 8,8 \text{ Hz}$ | $f_1 = 9,1 \text{ Hz}$ | $f_1 = 10,4 \text{ Hz}$ |

8.5 Hlavní nosník

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|--------------------------|--|
| materiál | lepené lamelové dřevo třídy GL32 |
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 1 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 13700 \text{ MPa}$ $E_{0,05} = 10800 \text{ MPa}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,8$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,6$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k} = 26,5 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,k} = 19,5 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|------|--|
| ohyb | $f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{32 \cdot 0,8}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{3,5 \cdot 0,8}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{26,5 \cdot 0,8}{1,25} = 16,96 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{19,5 \cdot 0,8}{1,25} = 12,48 \text{ MPa}$ |

Průřezové charakteristiky

| | |
|---------------|----------------------|
| šířka průřezu | $b = 260 \text{ mm}$ |
| výška průřezu | $h = 280 \text{ mm}$ |

moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,26 \cdot 0,28^3 = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,28 \cdot 0,26^3 = 4,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

průřezový modul

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,26 \cdot 0,28^2 = 3,40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

průřezový modul v kroucení

$$W_t = \beta \cdot h \cdot b^2 = 0,213 \cdot 0,28 \cdot 0,26^2$$

$$W_t = 4,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

plocha

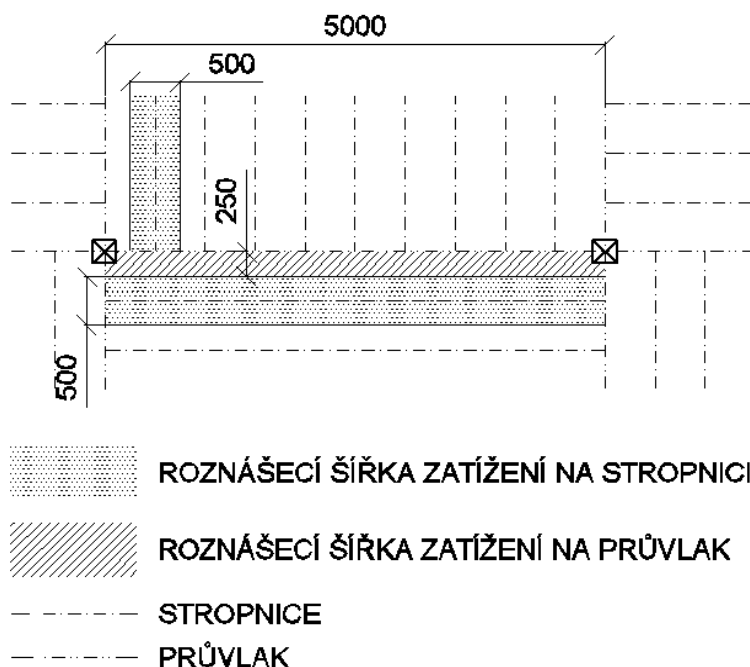
$$A = b \cdot h = 0,26 \cdot 0,28 = 0,073 \text{ m}^2$$

poloměr setrvačnosti

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{4,10 \cdot 10^{-4}}{0,073}} = 0,075 \text{ m}$$

Zatížení

Na hlavní nosník působí síly od stropnic v osové vzdálenosti 0,5m. Síly F jsou reakce stropnic z jednotlivých zatěžovacích stavů. Hlavní nosník zatěžuje také spojitě zatížení stálé (od podlahy a podhledu) a proměnné, které působí na zbylé zatěžovací šířce, jak je znázorněno na obrázku 8.7.



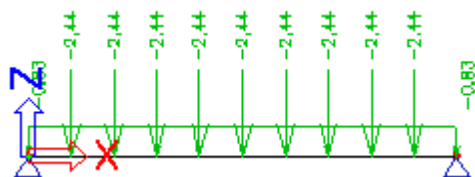
Obr. 8.7 – roznášecí šířka

| | |
|------------------------------------|--|
| charakteristické stálé zatížení | $F_{g,k} = 1,81 \text{ kN}$ |
| plošné zatížení stropu | $g_{k,s} = 1,28 \text{ kNm}^{-2}$ |
| Vlastní tíha nosníku | $g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,26 \cdot 0,28 \cdot \frac{410}{100} = 0,3 \text{ kNm}^{-1}$ |
| roznášecí šířka | $s = 0,25 \text{ m}$ |
| charakteristické zatížení | $g_k = s \cdot g_{k,s} + g_{k,n} = 0,25 \cdot 1,28 + 0,3$ $g_k = 0,62 \text{ kNm}^{-1}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_G = 1,35$ |
| návrhové stálé zatížení | $F_{g,d} = \gamma_G \cdot F_{g,k} = 1,35 \cdot 1,81 = 2,44 \text{ kN}$ |
| návrhové zatížení | $g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 0,62 = 0,83 \text{ kNm}^{-1}$ |
| charakteristické proměnné zatížení | $F_{q,k} = 3,5 \text{ kN}$ $q_k = 0,7 \text{ kNm}^{-1}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_Q = 1,5$ |
| návrhové stálé zatížení | $F_{q,d} = \gamma_Q \cdot F_{q,k} = 1,5 \cdot 3,5 = 5,25 \text{ kN}$ $q_d = \gamma_Q \cdot q_k = 1,5 \cdot 0,7 = 1,05 \text{ kNm}^{-1}$ |

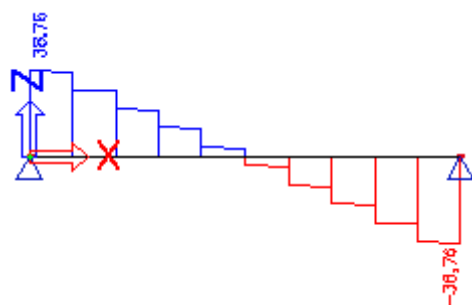
Zatěžovací stavy, vnitřní síly, průhyb

Na průvlak působí síly, které jsou reakcemi ze stropnic z kombinace CO1.

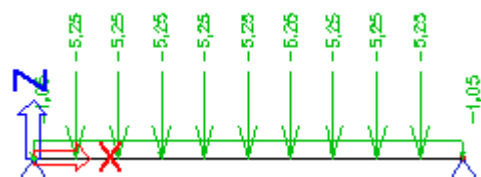
stálé zatížení



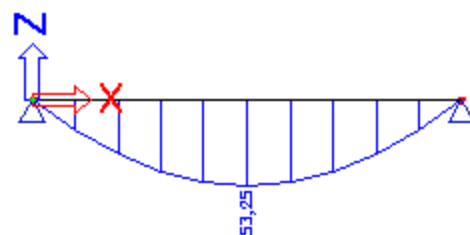
maximální posouvající síly



proměnné zatížení



maximální ohybový moment



okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{EI} + \frac{31}{240} \cdot \frac{F_{g,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,62 \cdot 5^4}{13700 \cdot 4,76 \cdot 10^{-4}} + \frac{31}{240} \cdot \frac{1,81 \cdot 5^3}{13700 \cdot 4,76 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,G} = 5,26 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od proměnného zatížení

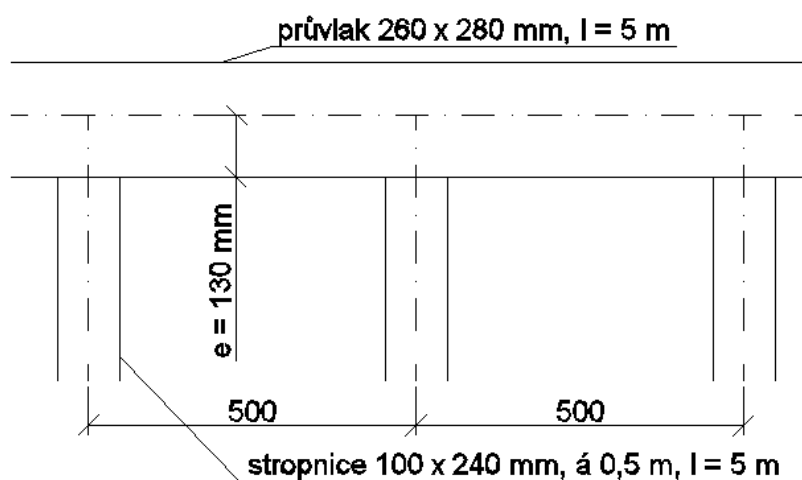
$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{EI} + \frac{31}{240} \cdot \frac{F_{q,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,7 \cdot 5^4}{13700 \cdot 4,76 \cdot 10^{-4}} + \frac{31}{240} \cdot \frac{3,5 \cdot 5^3}{13700 \cdot 4,76 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,Q} = 9,55 \text{ mm}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

Průřez se posoudí na maximální ohybový moment v kombinaci s maximální tahovou a tlakovou silou od zatížení větrem a na kombinaci maximální smykové síly a příslušného kroutícího momentu z důvodu excentrického uložení stropnic na průvlak, které je znázorněno na obrázku 8.8.



obr. 8.8 – schéma připojení stropnic na průvlak

Posouzení průřezu na ohyb a tlak:

| | |
|------------------|-------------------------------|
| maximální moment | $M_{max} = 53,25 \text{ kNm}$ |
| maximální tlak | $N_{max} = 86,61 \text{ kN}$ |
| délka nosníku | $l = 5 \text{ m}$ |
| vzpěrná délka | $L_{cr,z} = 5 \text{ m}$ |

štíhlostní poměr

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5}{0,075} = 66,62$$

poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{66,62}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,5}{10800}} = 1,05$$

součinitel přímosti

$$\beta_c = 0,1$$

součinitel vzpěrnosti

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,05 - 0,3) + 1,05^2] = 1,09$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,09 + \sqrt{1,09^2 - 1,05^2}} = 0,73$$

účinná délka

$$l_{ef} = \frac{l_{ef}}{l} \cdot l = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ m}$$

kritické napětí v ohybu

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,26^2}{0,28 \cdot 4} \cdot 10800$$

$$\sigma_{m,crit} = 508,45 \text{ MPa}$$

poměrná štíhlost v ohybu

$$\gamma_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{508,45}} = 0,25$$

součinitel pro příčnou a torzní

$$\gamma_{rel,m} \leq 0,75$$

stabilitu

$$k_{crit} = 1$$

napětí od normálové síly

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{86,61 \cdot 10^{-3}}{0,073} = 1,19 \text{ MPa}$$

napětí od ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{53,25 \cdot 10^{-3}}{3,4 \cdot 10^{-3}} = 15,67 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{15,67}{1 \cdot 20,48} \right)^2 + \frac{1,19}{0,73 \cdot 16,96} \leq 1$$

$$0,68 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení průřezu na ohyb a tah:

maximální moment

$$M_{max} = 53,25 \text{ kNm}$$

maximální tah

$$N_{max} = 71,83 \text{ kN}$$

napětí od ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{53,25 \cdot 10^{-3}}{3,4 \cdot 10^{-3}} = 15,67 \text{ MPa}$$

napětí od tahu

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{71,83 \cdot 10^{-3}}{0,073} = 0,99 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$
$$\frac{15,67}{20,48} + \frac{0,99}{12,48} \leq 1$$
$$0,84 \leq 1$$

Posouzení kombinace smyku a kroucení:

maximální posouvající síla

$$V_{max} = 38,76 \text{ kN}$$

excentricita připojení

$$e = 130 \text{ mm} = 0,13 \text{ m}$$

krouťící moment

$$M_x = V_{max} \cdot e = 38,76 \cdot 0,13 = 5,04 \text{ kNm}$$

součinitel tvaru

$$k_{shape} = \min \left\{ 1 + 0,15 \cdot \frac{h}{b} = 1 + 0,15 \cdot \frac{280}{260} = 1,16 \right\}$$
$$k_{shape} = 1,16$$

napětí v kroucení

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{5,04 \cdot 10^{-3}}{4,02 \cdot 10^{-3}} = 1,252 \text{ MPa}$$

součinitel vlivu trhlin

$$k_{cr} = 0,67$$

efektivní plocha

$$A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h = 0,67 \cdot 0,26 \cdot 0,28 = 0,049 \text{ m}^2$$

napětí ve smyku

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{38,76 \cdot 10^{-3}}{0,049} = 1,192 \text{ MPa}$$

pevnost v kroucení

$$f_{tor,d} = k_{shape} \cdot f_{v,d} = 1,16 \cdot 2,24 = 2,602 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{tor,d}} + \left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1$$
$$\frac{1,252}{2,602} + \left(\frac{1,192}{2,24} \right)^2 \leq 1$$
$$0,764 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení mezního stavu použitelnosti

kategorie proměnných zatížení

kategorie A: obytné plochy

součinitel pro proměnné zatížení

$$\psi_2 = 0,3$$

výsledný okamžitý průhyb

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 5,26 + 9,55 = 14,81 \text{ mm}$$

| | |
|--|---|
| podmínka spolehlivosti pro okamžitý průhyb | $ w_{inst} \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$ $14,81 \leq 16,67 \rightarrow VYHOVUJE$ |
| konečný průhyb stálého zatížení | $w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 5,26 \cdot (1 + 0,6)$ $w_{net,fin,G} = 8,42 \text{ mm}$ |
| konečný průhyb proměnného zatížení | $w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$ $w_{net,fin,Q} = 9,55 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 11,27 \text{ mm}$ |
| výsledný konečný průhyb | $w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 8,42 + 11,27$ $w_{net,fin} = 19,69 \text{ mm}$ |
| podmínka spolehlivosti pro konečný průhyb | $ w_{net,fin} \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$ $19,69 \leq 20,00 \rightarrow VYHOVUJE$ |

Průřez je v mezním stavu únosnosti využit z 68% na kombinaci ohybu a tlaku, z 84% na kombinaci ohybu a tahu, a z 76% na kombinaci smyku a kroucení. O rozměrech průřezu rozhodoval mezní stav použitelnosti.

9. Posouzení střešní konstrukce

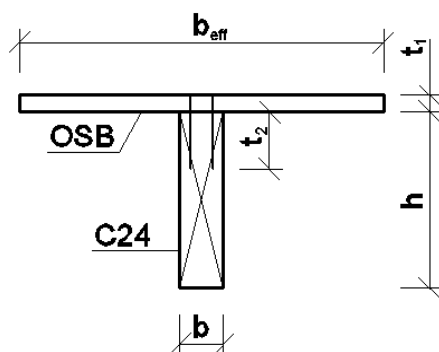
Nosná konstrukce střechy je stejně jako strop tvořena hlavním nosníkem, na který jsou uloženy stropnice. Uspořádání průvlaků a stropnic je stejné jako u stropu a je na obrázku.

Výpočet byl prováděn dle norem ČSN EN 1995-1-1 [10]. Pro výpočet průhybů byly použity vzorce [16].

9.1 Stropnice

Stropnice je tvořena stropním nosníkem o rozměrech 80 x 240 mm a horním záklopem z OSB desky se kterým spolupůsobí. Vzhledem k tomu, že u střechy převažuje stálé

zatížení nad proměnným, je zatížení charakterizováno jako stálé. Posuzovaný průřez je na obrázku 9.1.



Obr. 9.1 – posuzovaný průřez

Charakteristika materiálu a prostředí

| materiál | OSB | C24 |
|---------------------------------------|--|---|
| zatížení | stálé | stálé |
| třída provozu | 1 | 1 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean,1} = 4930 \text{ MPa}$ | $E_{0,mean,2} = 11000 \text{ MPa}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_{m,1} = 1,2$ | $\gamma_{m,2} = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod,1} = 0,4$ | $k_{mod,2} = 0,6$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def,1} = 1,5$ | $k_{def,2} = 0,6$ |
| součinitel pro proměnné zatížení | $\psi_2 = 0,3$ (kategorie A: obytné budovy) | |
| průměrná hustota | $\rho_{m,1} = 650 \text{ kgm}^{-3}$ | $\rho_{m,2} = 420 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměrná hustota složeného průřezu | $\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1}\rho_{m,2}} = \sqrt{650 \cdot 420} = 522,5 \text{ kgm}^{-3}$ | |
| charakteristická hustota | $\rho_{k,1} = 550 \text{ kgm}^{-3}$ | $\rho_{k,2} = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| modul pružnosti pro výpočet konečného | $E_{mean,fin}^{s,1} = \frac{E_{0,mean,1}}{(1 + k_{def,1})}$ | $E_{mean,fin}^{s,2} = \frac{E_{0,mean,2}}{(1 + k_{def,2})}$ |
| průhybu od stálého zatížení | $E_{mean,fin}^{s,1} = \frac{4930}{(1 + 1,5)}$ | $E_{mean,fin}^{s,2} = \frac{11000}{(1 + 0,6)}$ |
| | $E_{mean,fin}^s = 1972 \text{ MPa}$ | $E_{mean,fin}^{s,2} = 6875 \text{ MPa}$ |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| modul pružnosti pro | $E_{mean,fin}^{u,1} = \frac{E_{0,mean,1}}{(1 + \psi_2 k_{def,1})}$ | $E_{mean,fin}^{u,2} = \frac{E_{0,mean,2}}{(1 + \psi_2 k_{def,2})}$ |
| výpočet konečného | | |
| průhybu od proměnného | $E_{mean,fin}^{u,1} = \frac{4930}{(1 + 0 \cdot 1,5)}$ | $E_{mean,fin}^{u,2} = \frac{4930}{(1 + 0 \cdot 0,6)}$ |
| zatížení | $E_{mean,fin}^{u,1} = 4930 \text{ MPa}$ | $E_{mean,fin}^{u,2} = 11000 \text{ MPa}$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | | |
|------|----------------------------------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,1} = 16,4 \text{ MPa}$ | $f_{m,k,2} = 24 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k,1} = 15,4 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,k,2} = 21 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,k,1} = 9,4 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,k,2} = 14 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k,1} = 6,8 \text{ MPa}$ | $f_{v,k,2} = 4 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

$$f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m}$$

| | | |
|------|----------------------------------|----------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,1} = 5,47 \text{ MPa}$ | $f_{m,k,2} = 11,08 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,d,1} = 5,13 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,d,2} = 9,69 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,d,1} = 3,13 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,d,2} = 6,46 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d,1} = 2,27 \text{ MPa}$ | $f_{v,d,2} = 1,85 \text{ MPa}$ |

Spojovací prostředky – hřebíky kruhového průřezu, předvrtané

| | |
|----------------------------|---|
| mez pevnosti | $f_u = 600 \text{ MPa}$ |
| průměr | $d = 6 \text{ mm}$ |
| počet hřebíků vedle sebe | 2 |
| rozteč po délce nosníku | $s = 60 \text{ mm}$ |
| délka hřebíku | $l_h = 100 \text{ mm}$ |
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 f_u d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 6^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 18987 \text{ Nmm}^{-1}$ |
| modul prokluzu pro MSP | $k_{ser} = \rho_m^{1,5} \frac{2d}{23} = 522,5^{1,5} \frac{2 \cdot 6}{23} = 6231$ |
| modul prokluzu pro MSÚ | $k_u = \frac{2}{3} k_{ser} = \frac{2}{3} 6231 = 4154$ |

Průřezové charakteristiky

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| osová vzdálenost nosníků | $o = 500 \text{ mm}$ |
| délka nosníků | $l = 5000 \text{ mm}$ |

Parametry pro dřevo

| | |
|---|--|
| šířka průřezu C24 | $b = 80 \text{ mm}$ |
| výška průřezu C24 | $h = 240 \text{ mm}$ |
| vník hřebíku | $t_2 = 78 \text{ mm}$ |
| plocha C24 | $A_2 = b \cdot h = 80 \cdot 240 = 19200 \text{ mm}^2$ |
| moment setrvačnosti C24 | $I_2 = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 80 \cdot 240^3 = 9,22 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$ |
| součinitel pro MSP i MSÚ | $\gamma_2 = 1$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSP – pro výpočet okamžitého průhybu | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,83 \cdot 4930 \cdot 11000 \cdot (22 + 240)}{2 \cdot (0,83 \cdot 4930 \cdot 11000 + 1 \cdot 11000 \cdot 19200)}$ $a_2 = 22,99 \text{ mm}$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSP – pro výpočet konečného průhybu od stálého zatížení | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,83 \cdot 1972 \cdot 11000 \cdot (22 + 240)}{2 \cdot (0,83 \cdot 1972 \cdot 11000 + 1 \cdot 6875 \cdot 19200)}$ $a_2 = 15,71 \text{ mm}$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSP – pro výpočet konečného průhybu od proměnného zatížení | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,83 \cdot 4930 \cdot 11000 \cdot (22 + 240)}{2 \cdot (0,83 \cdot 4930 \cdot 11000 + 1 \cdot 11000 \cdot 19200)}$ $a_2 = 22,99 \text{ mm}$ |
| vzdálenost neutrální osy pro MSÚ | $a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$ $a_2 = \frac{0,76 \cdot 4930 \cdot 11000 \cdot (22 + 240)}{2 \cdot (0,76 \cdot 4930 \cdot 11000 + 1 \cdot 11000 \cdot 19200)}$ $a_2 = 21,48 \text{ mm}$ |

Parametry pro OSB

| | |
|--------------------|-----------------------|
| tloušťka OSB desky | $t_1 = 22 \text{ mm}$ |
|--------------------|-----------------------|

výpočet spolupůsobící šířky

$$b_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_{c,eff} + b_2 = 660 + 80 \\ o = 500 \end{array} \right\} = 500 \text{ mm}$$

$$b_{c,eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2l = 0,2 \cdot 5000 = 1000 \\ 30t_1 = 30 \cdot 22 = 660 \end{array} \right\} = 660 \text{ mm}$$

plocha OSB

$$A_1 = b_{eff} \cdot t_1 = 500 \cdot 22 = 11000 \text{ mm}^2$$

moment setrvačnosti OSB

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_1^3 = \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 22^3 = 4,44 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

součinitel pro MSP

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s / (K_{ser} l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 4930 \cdot 11000 \cdot 60 / (4154 \cdot 6^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,83$$

součinitel pro MSÚ

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s / (K_u l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 4930 \cdot 11000 \cdot 60 / (4154 \cdot 6^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,76$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP

– pro výpočet okamžitého

průhybu

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 240}{2} - 22,99 = 108,01 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP

– pro výpočet konečného

průhybu od stálého zatížení

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 240}{2} - 15,71 = 115,29 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP

– pro výpočet konečného

průhybu od proměnného zatížení

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 240}{2} - 22,99 = 111,66 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro

MSÚ

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 240}{2} - 21,48 = 108,01 \text{ mm}$$

Výpočet účinné ohybové tuhosti

ohybová tuhost pro MSP – pro

výpočet okamžitého průhybu

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 11000 + 11000 \cdot 19200 + 0,83$$

$$\cdot 4930 \cdot 11000 \cdot 108,01^2 + 1 \cdot 11000$$

$$\cdot 19200 \cdot 22,99^2$$

$$(EI)_{ef} = 1,65 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet konečného průhybu od
stálého zatížení

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 1972 \cdot 11000 + 6875 \cdot 19200 + 0,83$$

$$\cdot 1972 \cdot 11000 \cdot 115,29^2 + 1 \cdot 6875$$

$$\cdot 19200 \cdot 15,71^2$$

$$(EI)_{ef} = 0,91 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet konečného průhybu od
proměnného zatížení

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 11000 + 11000 \cdot 19200 + 0,83$$

$$\cdot 4930 \cdot 11000 \cdot 108,01^2 + 1 \cdot 11000$$

$$\cdot 19200 \cdot 22,99^2$$

$$(EI)_{ef} = 1,65 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSÚ

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 11000 + 11000 \cdot 19200 + 0,76$$

$$\cdot 4930 \cdot 11000 \cdot 109,52^2 + 1 \cdot 11000$$

$$\cdot 19200 \cdot 21,48^2$$

$$(EI)_{ef} = 1,61 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Stálé zatížení

Na stropnici působí zatížení od podlahy a podhledu a vlastní tíha stropního nosníku.

Plošné zatížení stropu

$$g_{k,s} = 2,39 \text{ kNm}^{-2}$$

Vlastní tíha nosníku

$$g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,08 \cdot 0,24 \cdot \frac{350}{100} = 0,07 \text{ kNm}^{-1}$$

Osová vzdálenost stropnic

$$s = 0,5 \text{ m}$$

Charakteristické zatížení

$$g_k = s \cdot g_{k,s} + g_{k,n} = 0,5 \cdot 2,39 + 0,07$$

$$g_k = 1,26 \text{ kNm}^{-1}$$

Bezpečnostní součinitel

$$\gamma_G = 1,35$$

Návrhové zatížení

$$g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 1,26 = 1,70 \text{ kNm}^{-1}$$

Proměnné zatížení

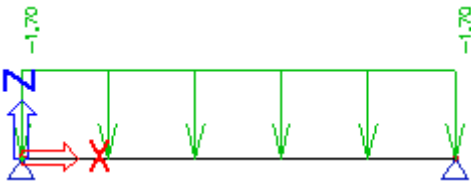
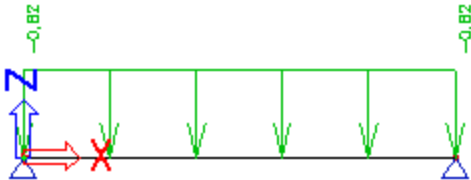
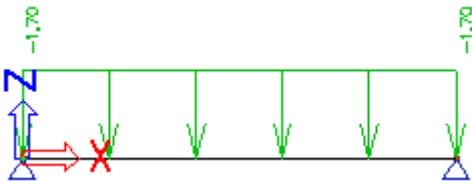

Proměnné zatížení je kombinací zatížení sněhem a větrem. Užité zatížení spojitě se v tomto případě neuplatní, protože je menší než zatížení sněhem.

| | |
|---------------------------------------|--|
| Plošné zatížení sněhem | $s_k = 0,84 \text{ kNm}^{-2}$ |
| Plošné zatížení větrem (tlak) | $w^{I+-} = 0,424 \text{ kNm}^{-2}$ |
| Osová vzdálenost stropnic | $s = 0,5 \text{ m}$ |
| Kombinační součinitel | $\psi_0 = 0,6$ |
| Kombinace charakteristického zatížení | $q_k = s \cdot (s_k + \psi_0 \cdot w^{I+-}) = 0,5 \cdot (0,84 + 0,6 \cdot 0,424)$ $q_k = 0,55 \text{ kNm}^{-1}$ |
| Bezpečnostní součinitel | $\gamma_Q = 1,5$ |
| Návrhové zatížení | $q_d = \gamma_Q \cdot q_k = 1,5 \cdot 0,55 = 0,82 \text{ kNm}^{-1}$ |

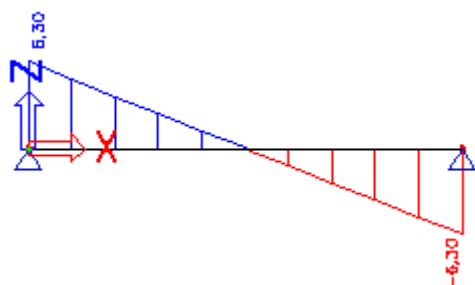
Zatěžovací stavy, vnitřní síly a průhyb

Stropnice je na průvlak uložena kloubově. Kombinace zatížení jsou dvě, v první působí na nosník stálé zatížení a spojitě proměnné zatížení, v druhé kombinaci působí stálé zatížení a osamělé břemeno.

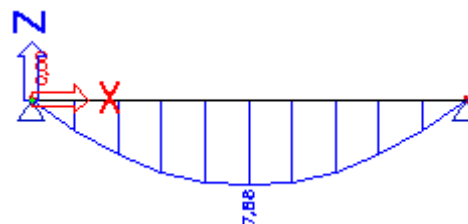
kombinace zatížení:

| C01 | C02 |
|--|--|
| <p>stálé zatížení</p>  <p>proměnné zatížení</p>  | <p>stálé zatížení</p>  <p>proměnné zatížení</p>  |

obálka maximálních posouvajících sil



obálka maximálních ohybových momentů



Vypočte se normálové napětí v tlaku, smyku a ohybu a deska i trám se posoudí zvlášť.
Pro posouzení smykového napětí se předpokládá, že smyk přeneseme pouze dřevěný trám.

Posouzení průřezu v MSÚ

maximální moment

$$M_{max} = 7,88 \text{ kNm}$$

maximální posouvající síla

$$V_{max} = 6,30 \text{ kN}$$

deska

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,7 \cdot 4930 \cdot 109,52 \cdot 7,88}{1,61 \cdot 10^{12}} = 2,02 \text{ MPa}$$

normálové napětí v ohybu

$$\sigma_{m,1} = \frac{0,5 E_1 h M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 4930 \cdot 22 \cdot 7,88}{1,61 \cdot 10^{12}} = 0,16 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\frac{\sigma_1}{f_{c,0,d,1}} + \frac{\sigma_{m,1}}{f_{m,d,1}} \leq 1$$

$$\frac{2,02}{5,13} + \frac{0,16}{5,47} \leq 1$$

$$0,44 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

dřevo

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 21,48 \cdot 7,88}{1,61 \cdot 10^{12}} = 1,16 \text{ MPa}$$

normálové napětí v ohybu

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 240 \cdot 7,88}{1,61 \cdot 10^{12}} = 6,46 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\frac{\sigma_2}{f_{t,0,d,2}} + \frac{\sigma_{m,2}}{f_{m,d,2}} \leq 1$$

$$\frac{1,16}{6,46} + \frac{6,47}{11,08} \leq 1$$

$$0,76 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

h pro výpočet smyku

$$h = 0,5 h_2 + a_2 = 0,5 \cdot 240 + 21,48 = 141,48 \text{ mm}$$

smykové napětí

$$\tau_{max} = \frac{0,5E_2h^2V}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 141,48^2 \cdot 6300}{1,61 \cdot 10^{12}}$$

$$\tau_{max} = 0,43 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\tau_{max} \leq f_{v,d,2}$$

$$0,43 \leq 1,85 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení průřezu v MSP

Okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,26 \cdot 5^4}{1,65 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{inst,G} = 6,21 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,55 \cdot 5^4}{1,65 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{inst,Q} = 2,71 \text{ mm}$$

výsledný okamžitý průhyb
podmínka spolehlivosti pro
okamžitý průhyb

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 6,21 + 2,71 = 8,92 \text{ mm}$$

$$|w_{inst}| \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$$

$$8,92 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

konečný průhyb stálého zatížení

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,26 \cdot 5^4}{0,91 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{net,fin,G} = 11,32 \text{ mm}$$

konečný průhyb proměnného zatížení

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,55 \cdot 5^4}{1,65 \cdot 10^{12}}$$

$$w_{net,fin,Q} = 2,71 \text{ mm}$$

výsledný konečný průhyb

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 11,32 + 2,71$$

$$w_{net,fin} = 14,03 \text{ mm}$$

podmínka spolehlivosti pro
konečný průhyb

$$|w_{net,fin}| \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$$

$$14,03 \leq 20,00 \rightarrow VYHOVUJE$$

Posouzení spřažení - jednostřížný hřebíkový spoj dřevo - deska

podélná smyková síla

$$F = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s V}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 19200 \cdot 21,48 \cdot 70 \cdot 7,7}{1,61 \cdot 10^{12}}$$

$$F = 1,06 \text{ kN}$$

pevnost v otláčení OSB

$$f_{h,1,k} = 65 \cdot t_1^{0,1} \cdot d^{-0,7} = 65 \cdot 22^{0,1} \cdot 6^{-0,7}$$

$$f_{h,1,k} = 25,26 \text{ Nmm}^{-2}$$

pevnost v otláčení dřeva C24

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 350 \cdot 6^{-0,3}$$

$$f_{h,2,k} = 16,77 \text{ Nmm}^{-2}$$

poměr pevností v otláčení

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{16,77}{25,26} = 0,66$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3334 \\ 7847 \\ 2785 \\ 1769 \\ 3192 \\ 2464 \end{array} \right\} = 1769 \text{ N} = 1,77 \text{ kN}$$

rozhoduje 4 mód: otláčí se dřevo a zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost dvou

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 2 \cdot \frac{0,4 \cdot 1,77}{1,2} = 1,18 \text{ kN}$$

spojovacích prostředků pro

OSB desku

návrhová únosnost dvou
spojovacích prostředků pro
dřevo C24

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 1,77}{1,3} = 1,63 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$F \leq \min\{F_{v,Rd}\}$$

$$1,06 \leq 1,18 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení roztečí a vzdáleností od okrajů a konců je v tabulce 9.1.

Tab. 9.1 – Posouzení roztečí

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|------------------|--|-----------------------------------|----------|----------------|--------------------|----------|
| a ₁ | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 51 | 60 | vyhovuje |
| a ₂ | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 4d | 0 | 24 | 30 | vyhovuje |
| a _{3,t} | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 80 | 80 | vyhovuje |
| a _{4,t} | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 18 | 25 | vyhovuje |
| a _{4,c} | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 3d | 180 | 18 | 25 | vyhovuje |

OSB deska je využita na kombinaci tlaku a ohybu na 44%, dřevěný trám je využit na kombinaci tahu a ohybu na 76% a ve smyku, který přenáší jen žebro, je průřez využit na 23%.

9.2 Hlavní nosník

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|--------------------------|----------------------------------|
| materiál | lepené lamelové dřevo třídy GL32 |
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 13700 \text{ MPa}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,6$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k} = 26,5 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,k} = 19,5 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|------|--|
| ohyb | $f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{32 \cdot 0,9}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{3,5 \cdot 0,9}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{26,5 \cdot 0,9}{1,25} = 19,08 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{19,5 \cdot 0,9}{1,25} = 14,04 \text{ MPa}$ |

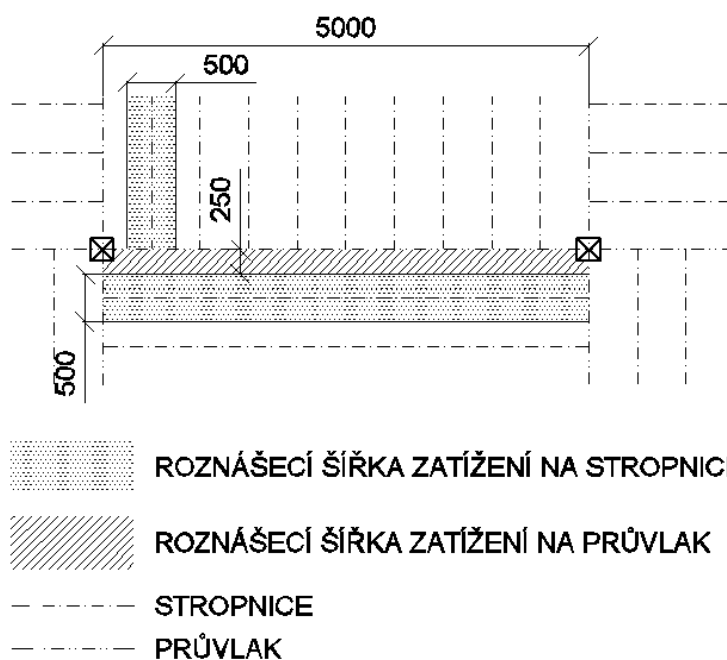
Průřezové charakteristiky

| | |
|----------------------------|--|
| šířka průřezu | $b = 260 \text{ mm}$ |
| výška průřezu | $h = 280 \text{ mm}$ |
| moment setrvačnosti | $I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,26 \cdot 0,28^3 = 4,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ $I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,28 \cdot 0,26^3 = 4,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ |
| průřezový modul | $W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,26 \cdot 0,28^2 = 3,40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ |
| průřezový modul v kroucení | $W_t = \beta \cdot h \cdot b^2 = 0,213 \cdot 0,28 \cdot 0,26^2$ $W_t = 4,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ |
| plocha | $A = b \cdot h = 0,26 \cdot 0,28 = 0,073 \text{ m}^2$ |
| poloměr setrvačnosti | $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{4,10 \cdot 10^{-4}}{0,073}} = 0,075 \text{ m}$ |

Zatížení

Na průvlak působí síly od stropnic v osové vzdálenosti 0,5m. Síly F jsou reakce stropnic z jednotlivých zatěžovacích stavů. Průvlak zatěžuje také spojitě zatížení stálé (od střechy

a podhledu) a proměnné, které působí na zbylé zatěžovací šířce, jak je znázorněno na obrázku 9.2.



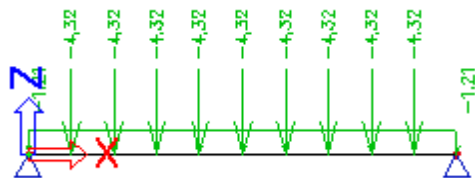
Obr. 9.2 – roznášecí šířka

| | |
|------------------------------------|--|
| charakteristické stálé zatížení | $F_{g,k} = 3,2 \text{ kN}$ |
| plošné zatížení stropu | $g_{k,s} = 2,39 \text{ kNm}^{-2}$ |
| vlastní tíha nosníku | $g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,26 \cdot 0,28 \cdot \frac{410}{100} = 0,3 \text{ kNm}^{-1}$ |
| roznášecí šířka | $s = 0,25 \text{ m}$ |
| charakteristické stálé zatížení | $g_k = s \cdot g_{k,s} + g_{k,n} = 0,25 \cdot 2,39 + 0,3$ $g_k = 0,9 \text{ kNm}^{-1}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_G = 1,35$ |
| návrhové stálé zatížení | $F_{g,d} = \gamma_G \cdot F_{g,k} = 1,35 \cdot 3,2 = 4,32 \text{ kN}$ |
| návrhové zatížení | $g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 0,9 = 1,21 \text{ kNm}^{-1}$ |
| charakteristické proměnné zatížení | $F_{q,k} = 1,37 \text{ kN}$ |
| | $q_k = 0,28 \text{ kNm}^{-2}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_Q = 1,5$ |
| návrhové stálé zatížení | $F_{q,d} = \gamma_Q \cdot F_{q,k} = 1,5 \cdot 1,37 = 2,05 \text{ kN}$ $q_d = \gamma_Q \cdot q_k = 1,5 \cdot 0,28 = 0,42 \text{ kNm}^{-1}$ |

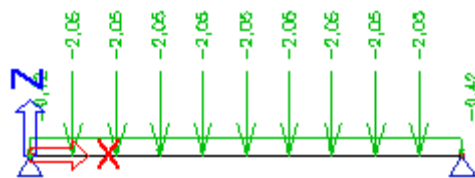
Zatěžovací stavy, vnitřní síly, průhyb

Na průvlak působí síly, které jsou reakcemi ze stropnic.

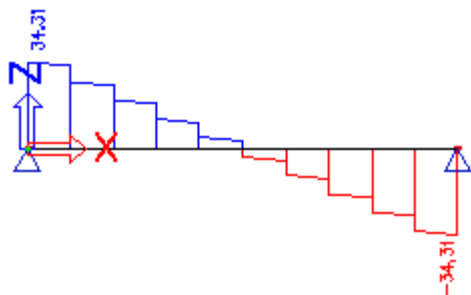
stálé zatížení



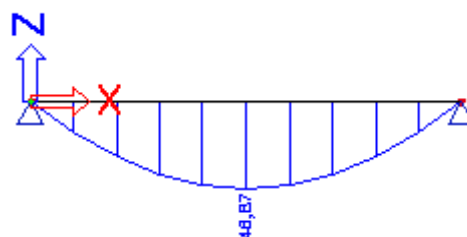
proměnné zatížení



maximální posouvající síly



maximální ohybový moment



okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{EI} + \frac{31}{240} \cdot \frac{F_{g,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,9 \cdot 5^4}{13700 \cdot 4,76 \cdot 10^{-4}} + \frac{31}{240} \cdot \frac{3,2 \cdot 5^3}{13700 \cdot 4,76 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,G} = 9,04 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od proměnného zatížení

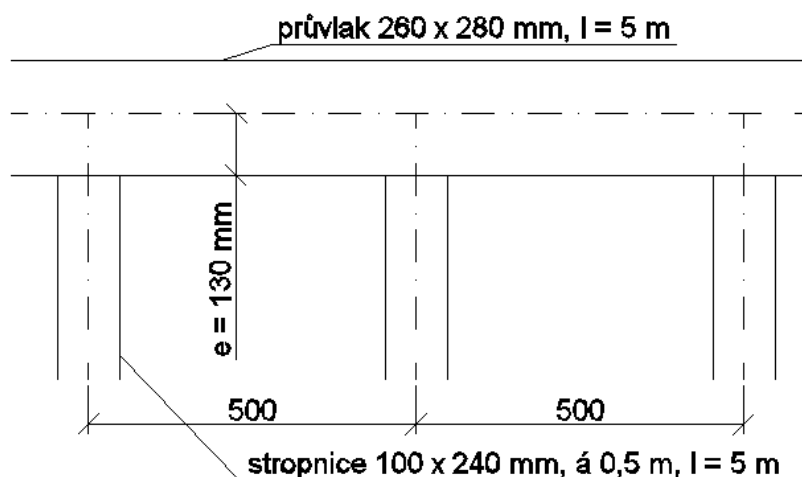
$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{EI} + \frac{31}{240} \cdot \frac{F_{q,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,7 \cdot 5^4}{13700 \cdot 4,76 \cdot 10^{-4}} + \frac{31}{240} \cdot \frac{1,37 \cdot 5^3}{13700 \cdot 4,76 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,Q} = 4,26 \text{ mm}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

Průřez se posoudí na maximální ohybový moment a na kombinaci maximální smykové síly a příslušného kroutícího momentu z důvodu excentrického uložení stropnic na hlavní nosník, které je znázorněno na obrázku 9.3.



obr. 9.3 – schéma připojení stropnic na průvlak

Posouzení průřezu na ohyb a tlak:

maximální moment $M_{max} = 46,87 \text{ kNm}$

maximální tlak $N_{max} = 10,79 \text{ kN}$

délka nosníku $l = 5 \text{ m}$

vzpěrná délka $L_{cr,z} = 5 \text{ m}$

štíhlostní poměr $\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5}{0,075} = 66,62$

poměrný štíhlostní poměr $\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{66,62}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,5}{10800}} = 1,05$

součinitel přímosti $\beta_c = 0,1$

součinitel vzpěrnosti $k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2]$
 $k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,05 - 0,3) + 1,05^2] = 1,09$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,09 + \sqrt{1,09^2 - 1,05^2}} = 0,73$$

účinná délka $l_{ef} = \frac{l_{ef}}{l} \cdot l = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ m}$

kritické napětí v ohybu $\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,26^2}{0,28 \cdot 4} \cdot 10800$

$$\sigma_{m,crit} = 508,45 \text{ MPa}$$

poměrná štíhlost v ohybu

$$\gamma_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{508,45}} = 0,25$$

součinitel pro příčnou a torzní stabilitu

$$\gamma_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1$$

napětí od normálové síly

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{10,79 \cdot 10^{-3}}{0,073} = 0,15 \text{ MPa}$$

napětí od ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{46,87 \cdot 10^{-3}}{3,4 \cdot 10^{-3}} = 13,80 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{13,80}{1 \cdot 23,04} \right)^2 + \frac{0,15}{0,73 \cdot 19,08} \leq 1$$

$$0,37 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení průřezu na ohyb a tah:

maximální moment

$$M_{max} = 46,87 \text{ kNm}$$

maximální tah

$$N_{max} = 8,76 \text{ kN}$$

napětí od ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{46,87 \cdot 10^{-3}}{3,4 \cdot 10^{-3}} = 13,80 \text{ MPa}$$

napětí od tahu

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8,76 \cdot 10^{-3}}{0,073} = 0,12 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{15,67}{23,04} + \frac{0,99}{14,04} \leq 1$$

$$0,61 \leq 1$$

Posouzení kombinace smyku a kroucení:

maximální posouvající síla

$$V_{max} = 34,31 \text{ kN}$$

excentricita připojení

$$e = 130 \text{ mm} = 0,13 \text{ m}$$

krouťící moment

$$M_x = V_{max} \cdot e = 34,31 \cdot 0,13 = 4,46 \text{ kNm}$$

| | |
|-------------------------|---|
| součinitel tvaru | $k_{shape} = \min \left\{ 1 + 0,15 \cdot \frac{h}{b} = 1 + 0,15 \cdot \frac{280}{260} = 1,16 \right\}$ |
| | $k_{shape} = 1,16$ |
| napětí v kroucení | $\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_t} = \frac{4,46 \cdot 10^{-3}}{4,02 \cdot 10^{-3}} = 1,11 \text{ MPa}$ |
| součinitel vlivu trhlin | $k_{cr} = 0,67$ |
| efektivní plocha | $A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h = 0,67 \cdot 0,26 \cdot 0,28 = 0,049 \text{ m}^2$ |
| napětí ve smyku | $\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{34,31 \cdot 10^{-3}}{0,049} = 1,06 \text{ MPa}$ |
| pevnost v kroucení | $f_{tor,d} = k_{shape} \cdot f_{v,d} = 1,16 \cdot 2,52 = 2,93 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\frac{\tau_{tor,d}}{f_{tor,d}} + \left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1$ $\frac{1,11}{2,93} + \left(\frac{1,06}{2,52} \right)^2 \leq 1$ $0,56 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení mezního stavu použitelnosti

| | |
|--|--|
| Kategorie proměnných zatížení | kategorie H: střechy |
| Součinitel pro proměnné zatížení | $\psi_2 = 0$ |
| Výsledný okamžitý průhyb | $w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 9,04 + 4,26 = 13,3 \text{ mm}$ |
| Podmínka spolehlivosti pro okamžitý průhyb | $ w_{inst} \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$ $13,3 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |
| Konečný průhyb stálého zatížení | $w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 9,04 \cdot (1 + 0,8)$ $w_{net,fin,G} = 14,46 \text{ mm}$ |
| Konečný průhyb proměnného zatížení | $w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$ $w_{net,fin,Q} = 4,26 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) = 4,26 \text{ mm}$ |
| Výsledný konečný průhyb | $w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 14,46 + 4,26$ $w_{net,fin} = 18,72 \text{ mm}$ |
| Podmínka spolehlivosti pro konečný průhyb | $ w_{net,fin} \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$ $18,72 \leq 20,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Průřez je v mezním stavu únosnosti využit z 37% na kombinaci ohybu a tlaku, z 61% na kombinaci ohybu a tahu, a z 56% na kombinaci smyku a kroucení. O rozměrech průřezu rozhodoval mezní stav použitelnosti.

10. Sloup

Výpočet byl prováděn dle norem ČSN EN 1995-1-1 [10]. Pro výpočet stlačeí byly použity vzorce [16].

Sloupy jsou složeny z jednotlivých částí o délce 3 m a jsou nastaveny přes ocelovou botku na sebe, přes kterou se ke sloupům připojí hlavní nosníky.

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|--------------------------|--|
| materiál | lepené lamelové dřevo dřevo třídy GL32 |
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 13700 \text{ MPa}$ $E_{0,05} = 10800 \text{ MPa}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,6$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k} = 26,5 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|------|--|
| ohyb | $f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{32 \cdot 0,9}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$ |
|------|--|

tlak

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{26,5 \cdot 0,9}{1,25} = 19,08 \text{ MPa}$$

Sloupy jsou čtvercového průřezu, jejich průřezové charakteristiky jsou tedy ve směru x a y stejné. Kvůli úspory materiálu jsou odstupňovány, průřez 320 x 320 mm je v prvním a druhém nadzemním podlaží a průřez 260 x 260 je pro zbylá 3 nadzemní podlaží

Průřezové charakteristiky sloupu pro 1. a 2. NP

šířka průřezu $b = 320 \text{ mm}$

výška průřezu $h = 320 \text{ mm}$

vzpěrná délka $L_{cr} = 3 \text{ m}$

součinitel $k_m = 0,7$

moment setrvačnosti $I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,32 \cdot 0,32^3 = 8,74 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

průřezový modul $W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,32 \cdot 0,32^2 = 5,46 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$

plocha $A = b \cdot h = 0,32 \cdot 0,32 = 0,102 \text{ m}^2$

poloměr setrvačnosti $i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8,74 \cdot 10^{-4}}{0,102}} = 0,092 \text{ m}$

štíhlostní poměr $\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3}{0,092} = 32,48$

poměrný štíhlostní poměr $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{32,48}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,5}{10800}} = 0,51$

součinitel přímosti $\beta_c = 0,1$

součinitel vzpěrnosti $k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$
 $k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,51 - 0,3) + 0,51^2] = 0,64$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{0,64 + \sqrt{0,64^2 - 0,51^2}} = 0,97$$

Průřezové charakteristiky sloupu pro 3., 4. a 5. NP

šířka průřezu $b = 260 \text{ mm}$

| | |
|--------------------------|---|
| výška průřezu | $h = 260 \text{ mm}$ |
| vzpěrná délka | $L_{cr} = 3 \text{ m}$ |
| součinitel | $k_m = 0,7$ |
| moment setrvačnosti | $I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,26 \cdot 0,26^3 = 3,81 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ |
| průřezový modul | $W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,26 \cdot 0,26^2 = 2,93 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$ |
| plocha | $A = b \cdot h = 0,26 \cdot 0,26 = 0,068 \text{ m}^2$ |
| poloměr setrvačnosti | $i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{3,81 \cdot 10^{-5}}{0,068}} = 0,075 \text{ m}$ |
| štíhlostní poměr | $\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3}{0,075} = 39,97$ |
| poměrný štíhlostní poměr | $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{39,97}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,5}{10800}} = 0,63$ |
| součinitel přímosti | $\beta_c = 0,1$ |
| součinitel vzpěrnosti | $k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$ $k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,63 - 0,3) + 0,63^2] = 0,72$ $k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$ $k_c = \frac{1}{0,72 + \sqrt{0,72^2 - 0,63^2}} = 0,95$ |

Pro návrh sloupů jsou rozhodující dva zatěžovací stavy. V prvním zatěžovacím stavu, kdy je sloup uvnitř dispozice zatížen ze čtyř stran reakcemi od hlavních nosníků a tlakem větru na střechu a fasádu, vznikne maximální tlaková síla, ohybové momenty od excentricit připojení se vynulují. V druhém zatěžovacím stavu vznikne maximální ohybový moment ve směru x a y s příslušnou tlakovou silou. V tomto stavu se jedná o krajní sloup, který je zatížen ze dvou stran reakcemi od hlavních nosníků a z jedné strany reakcí od pláště budovy, dále na něj působí svislá síla od větru na střechu a fasádu. Na sloup také působí stálé zatížení od sloupu a ocelových botek. Jednotlivé zatěžovací stavy a výsledky vnitřních sil jsou na obrázcích 10.1 a 10.2.

Stálé zatížení

součinitel bezpečnosti

$$\gamma_G = 1,35$$

vlastní tíha sloupu

$$f = \gamma_G \cdot b \cdot h \cdot \frac{\rho_k}{100} = 1,35 \cdot 0,32 \cdot 0,32 \cdot \frac{410}{100}$$

$$f = 0,57 \text{ kNm}^{-1}$$

zatížení od botky

$$m = 60,45 \text{ kg}$$

$$F = \gamma_G \cdot 0,6 = 1,35 \cdot 0,6 = 0,81 \text{ kN}$$

Zatížení prostředního sloupu

reakce od příčle stropu

$$F_{strop} = 38,76 \text{ kN}$$

zatížení sloupu od příčle stropu

$$F_{s,strop} = 4 \cdot F_{strop} = 4 \cdot 38,76 = 155,04 \text{ kN}$$

reakce od příčle střechy

$$F_{střecha} = 34,31 \text{ kN}$$

zatížení sloupu od příčle střechy

$$F_{s,střecha} = 4 \cdot F_{střecha} = 4 \cdot 34,31 = 137,24 \text{ kN}$$

Zatížení krajního sloupu

excentricita připojení příčlí

$$e = 0,26 \text{ m}$$

excentricita připojení pláště

$$e_p = 0,22 \text{ m}$$

zatížení sloupu od příčle stropu

$$F_{s,strop} = 2 \cdot F_{strop} = 2 \cdot 38,76 = 77,52 \text{ kN}$$

moment od příčle stropu

$$M_{strop} = e \cdot F_{strop} = 0,26 \cdot 38,76 = 10,08 \text{ kNm}$$

zatížení sloupu od příčle střechy

$$F_{s,střecha} = 2 \cdot F_{střecha} = 2 \cdot 34,31 = 68,62 \text{ kN}$$

moment od příčle střechy

$$M_{střecha} = e \cdot F_{střecha} = 0,26 \cdot 34,31 = 8,92 \text{ kNm}$$

výška stěnového panelu

$$h = 3 \text{ m}$$

zatížení sloupu od pláště

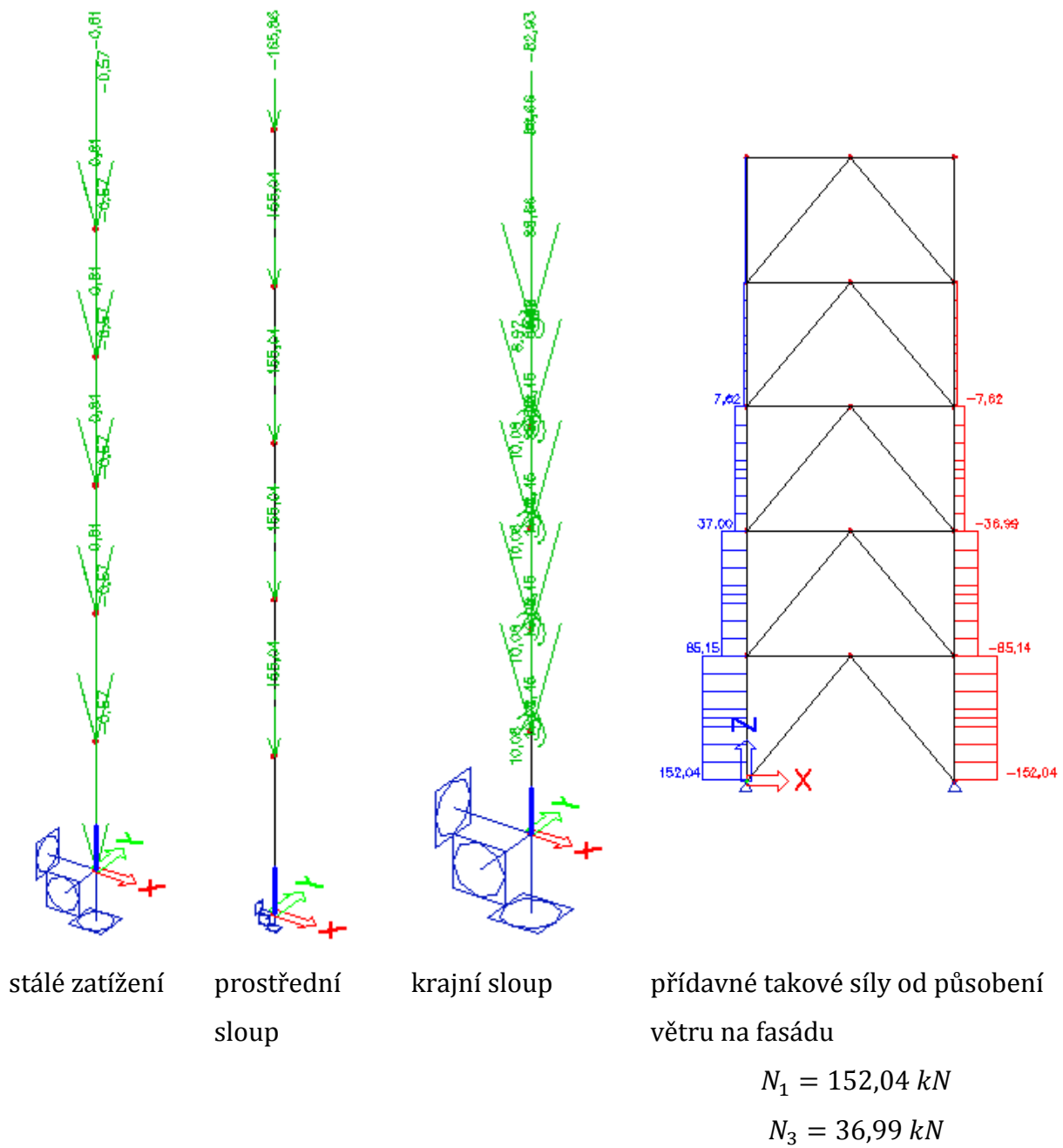
$$m = 50 \text{ kgm}^{-2}$$

$$F_{plášť} = \gamma_G \cdot 0,50 \cdot l \cdot h = 1,35 \cdot 0,50 \cdot 5 \cdot 3$$

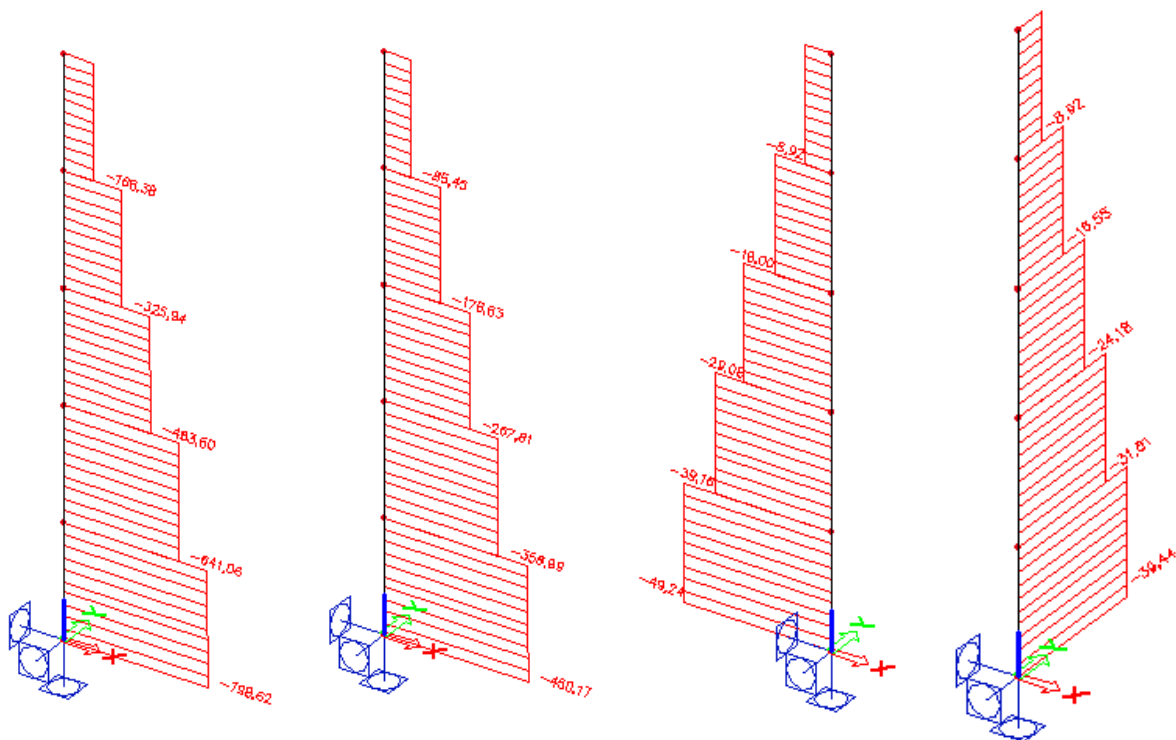
$$F_{plášť} = 10,13 \text{ kN}$$

moment od pláště

$$M_{plášť} = e_p \cdot F_{plášť} = 0,21 \cdot 10,13 = 2,13 \text{ kNm}$$



Obr. 10.1 – Zatížení sloupu



$$N_{p,1} = 798,62 \text{ kN}$$

$$N_{k,1} = 450,17 \text{ kNm}$$

$$M_{x1} = 49,24 \text{ kNm}$$

$$M_{y1} = 39,44 \text{ kNm}$$

$$N_{p,3} = 483,50 \text{ kN}$$

$$N_{k,3} = 267,81 \text{ kNm}$$

$$M_{x3} = 29,08 \text{ kNm}$$

$$M_{y3} = 24,18 \text{ kNm}$$

maximální tlak

maximální ohybové momenty a příslušná tlaková síla (působí současně)

Obr. 10.2 – Obálka maximálních vnitřních sil

Posouzení mezního stavu únosnosti

Průřez se posoudí na maximální tlakovou sílu a na dvouosý ohyb v kombinaci s příslušnou tlakovou silou.

Posouzení průřezu na tlak, 1. a 2. NP:

maximální tlaková síla

$$N_{max} = N_1 + N_{p,1} = 152,04 + 798,62 = 950,66 \text{ kN}$$

napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{950,66 \cdot 10^{-3}}{0,102} = 9,28 \text{ MPa}$$

únosnost průřezu

$$f_{c,c,0,d} = k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,97 \cdot 19,08 = 18,55 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,c,0,d}$$

$$9,28 \leq 18,55 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení průřezu na tlak, 3., 4. a 5. NP:

| | |
|------------------------|--|
| maximální tlaková síla | $N_{max} = N_3 + N_{p,3} = 36,99 + 483,50 = 520,49 \text{ kN}$ |
| napětí v tlaku | $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{520,49 \cdot 10^{-3}}{0,068} = 7,70 \text{ MPa}$ |
| únosnost průřezu | $f_{c,c,0,d} = k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,95 \cdot 19,08 = 18,12 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,c,0,d}$ $7,70 \leq 18,12 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení průřezu na kombinaci tlaku a dvouosého ohybu, 1. a 2. NP:

| | |
|---------------------------|---|
| maximální tlaková síla | $N_{max} = N_1 + N_{k,1} = 152,04 + 450,17 = 602,21 \text{ kN}$ |
| ohybový moment ve směru x | $M_{x1} = 49,24 \text{ kNm}$ |
| ohybový moment ve směru y | $M_{y1} = 39,44 \text{ kNm}$ |
| napětí v tlaku | $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{602,21 \cdot 10^{-3}}{0,102} = 5,88 \text{ MPa}$ |
| napětí v ohybu ve směru x | $\sigma_{m,x,d} = \frac{M_{x1}}{W} = \frac{49,24 \cdot 10^{-3}}{5,46 \cdot 10^{-3}} = 9,02 \text{ MPa}$ |
| napětí v ohybu ve směru y | $\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y1}}{W} = \frac{39,44 \cdot 10^{-3}}{5,46 \cdot 10^{-3}} = 7,22 \text{ MPa}$ |
| Podmínky spolehlivosti | $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_c} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$ $\frac{5,88}{19,08 \cdot 0,97} + \frac{9,02}{23,04} + 0,7 \cdot \frac{7,22}{23,04} \leq 1$ $0,93 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_c} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} \leq 1$ $\frac{5,88}{19,08 \cdot 0,97} + \frac{7,22}{23,04} + 0,7 \cdot \frac{9,02}{23,04} \leq 1$ $0,90 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení průřezu na kombinaci tlaku a dvouosého ohybu, 3., 4. a 5. NP:

| | |
|---------------------------|---|
| maximální tlaková síla | $N_{max} = N_3 + N_{k,3} = 36,99 + 267,81 = 304,8 \text{ kN}$ |
| ohybový moment ve směru x | $M_{x3} = 29,08 \text{ kNm}$ |
| ohybový moment ve směru y | $M_{y3} = 24,18 \text{ kNm}$ |
| napětí v tlaku | $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{304,8 \cdot 10^{-3}}{0,068} = 4,51 \text{ MPa}$ |

napětí v ohybu ve směru x

$$\sigma_{m,x,d} = \frac{M_{x1}}{W} = \frac{29,08 \cdot 10^{-3}}{2,93 \cdot 10^{-3}} = 9,93 \text{ MPa}$$

napětí v ohybu ve směru y

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y1}}{W} = \frac{24,18 \cdot 10^{-3}}{2,93 \cdot 10^{-3}} = 8,25 \text{ MPa}$$

Podmínky spolehlivosti

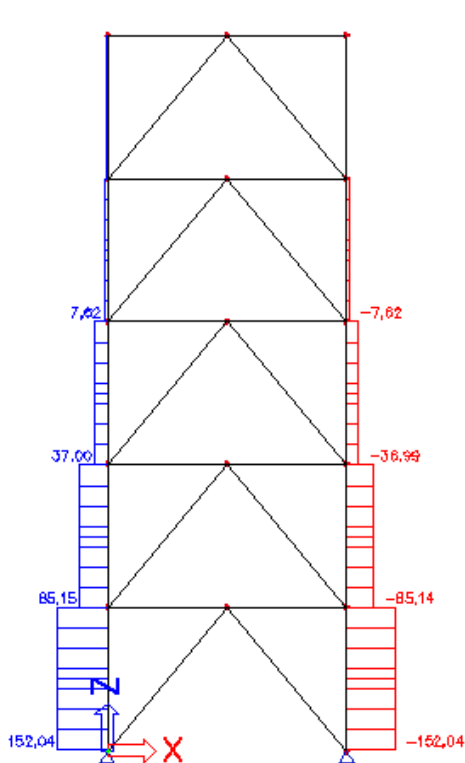
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_c} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$
$$\frac{4,51}{19,08 \cdot 0,95} + \frac{9,93}{23,04} + 0,7 \cdot \frac{8,25}{23,04} \leq 1$$
$$0,93 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_c} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$
$$\frac{4,51}{19,08 \cdot 0,95} + \frac{8,25}{23,04} + 0,7 \cdot \frac{9,93}{23,04} \leq 1$$
$$0,91 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

O návrhu průřezu rozhoduje kombinace dvouosého ohybu a tlaku, kdy je průřez využit na 93%.

10.1 Stlačení sloupu

Stlačení sloupu se zjednodušeně vypočte z Hookova zákona. Určí se stlačení pro příslušné normálové síly a celkové sednutí stavby je pak součet všech jednotlivě vypočtených hodnot. Normálová síla pro výpočet se skládá ze stálého a proměnného zatížení působícího na sloup a přídatné tlakové síly od větru. Normálové síly od jednotlivých zatěžovacích stavů jsou vykresleny na obrázku 10.3.



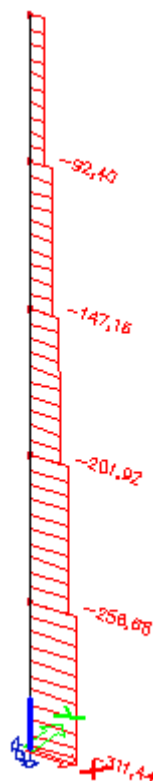
normálové síly od větru na fasádu

$$N_1 = 152,04 \text{ kN}$$

$$N_2 = 85,14 \text{ kN}$$

$$N_3 = 36,99 \text{ kN}$$

$$N_4 = 7,62 \text{ kN}$$



normálové síly od
stálého zatížení

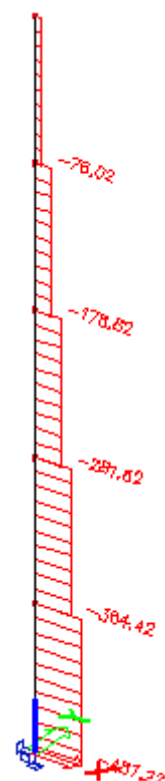
$$N_{1s} = 311,44 \text{ kN}$$

$$N_{2s} = 256,68 \text{ kN}$$

$$N_{3s} = 201,92 \text{ kN}$$

$$N_{4s} = 147,16 \text{ kN}$$

$$N_{5s} = 92,40 \text{ kN}$$



normálové síly od
proměnného zatížení

$$N_{1p} = 487,22 \text{ kN}$$

$$N_{2p} = 384,42 \text{ kN}$$

$$N_{3p} = 281,62 \text{ kN}$$

$$N_{4p} = 178,82 \text{ kN}$$

$$N_{5p} = 76,02 \text{ kN}$$

Obr. 10.3 – Normálové síly ve sloupu

modul pružnosti pro sloupy

$$E = 13700 \text{ MPa}$$

všech podlaží

délka pro sloupy všech podlaží

$$l = 3 \text{ m}$$

plocha pro 1. a 2. NP

$$A_1 = A_2 = 0,102 \text{ m}^2$$

plocha pro 3., 4. a 5 NP

$$A_3 = A_4 = A_5 = 0,068 \text{ m}^2$$

součinitel dotvarování

$$k_{def} = 0,6$$

součinitel pro proměnné zatížení

$$\psi_2 = 0,3 \text{ (kategorie A: obytné budovy)}$$

Sloup 1.NP

tlaková síla od proměnného
zatížení

$$N_{max,1,p} = N_1 + N_{1p} = 152,04 + 487,22$$

$$N_{max,1,p} = 639,26 \text{ kN}$$

okamžité stlačení od stálého
zatížení

$$\Delta l_1 = \frac{N_{1s} \cdot l}{E \cdot A_1} = \frac{311,44 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,102} = 0,67 \text{ mm}$$

okamžité stlačení od
proměnného zatížení

$$\Delta l_1 = \frac{N_{max,1,p} \cdot l}{E \cdot A_1} = \frac{639,26 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,102} = 1,37 \text{ mm}$$

Sloup 2.NP

tlaková síla od proměnného
zatížení

$$N_{max,2,p} = N_2 + N_{2p} = 85,14 + 384,42$$

$$N_{max,2,p} = 469,56 \text{ kN}$$

okamžité stlačení od stálého
zatížení

$$\Delta l_2 = \frac{N_{2s} \cdot l}{E \cdot A_2} = \frac{256,68 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,102} = 0,55 \text{ mm}$$

okamžité stlačení od
proměnného zatížení

$$\Delta l_2 = \frac{N_{max,2,p} \cdot l}{E \cdot A_2} = \frac{469,56 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,102} = 1,00 \text{ mm}$$

Sloup 3.NP

tlaková síla od proměnného
zatížení

$$N_{max,3,p} = N_1 + N_{1p} = 36,99 + 281,62$$

$$N_{max,3,p} = 318,61 \text{ kN}$$

okamžité stlačení od stálého
zatížení

$$\Delta l_3 = \frac{N_{3s} \cdot l}{E \cdot A_3} = \frac{201,92 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,068} = 0,65 \text{ mm}$$

okamžité stlačení od
proměnného zatížení

$$\Delta l_3 = \frac{N_{max,3,p} \cdot l}{E \cdot A_3} = \frac{318,61 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,068} = 1,03 \text{ mm}$$

Sloup 4.NP

tlaková síla od proměnného
zatížení

$$N_{max,4,p} = N_4 + N_{4p} = 7,62 + 178,82$$

$$N_{max,4,p} = 186,44 \text{ kN}$$

okamžité stlačení od stálého
zatížení

$$\Delta l_4 = \frac{N_{4s} \cdot l}{E \cdot A_4} = \frac{147,16 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,068} = 0,48 \text{ mm}$$

okamžité stlačení od
proměnného zatížení

$$\Delta l_4 = \frac{N_{max,4,p} \cdot l}{E \cdot A_4} = \frac{186,44 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,068} = 0,60 \text{ mm}$$

Sloup 5.NP

tlaková síla od proměnného
zatížení

$$N_{max,5,p} = N_{5p} = 76,02 \text{ kN}$$

okamžité stlačení od stálého
zatížení

$$\Delta l_5 = \frac{N_{1s} \cdot l}{E \cdot A_1} = \frac{92,40 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,068} = 0,30 \text{ mm}$$

okamžité stlačení od
proměnného zatížení

$$\Delta l_5 = \frac{N_{max,5,p} \cdot l}{E \cdot A_5} = \frac{76,02 \cdot 3 \cdot 10^6}{13700 \cdot 0,068} = 0,25 \text{ mm}$$

celkové okamžité stlačení od
stálého zatížení

$$\Delta l_g = \sum_{i=1}^5 \Delta l_i = 0,67 + 0,55 + 0,65 + 0,48 + 0,30$$

$$\Delta l_g = 2,64 \text{ mm}$$

celkové okamžité stlačení od
proměnného zatížení

$$\Delta l_q = \sum_{i=1}^5 \Delta l_i = 1,37 + 1,00 + 1,03 + 0,60 + 0,25$$

$$\Delta l_q = 4,25 \text{ mm}$$

celkové okamžité stlačení

$$\Delta l_{inst} = \Delta l_g + \Delta l_q = 2,64 + 4,25 = 6,9 \text{ mm}$$

celkové konečné stlačení od
stálého zatížení

$$\Delta l_{g,fin} = \Delta l_g \cdot (1 + k_{def}) = 2,64 \cdot (1 + 0,6)$$

$$\Delta l_{g,fin} = 4,23 \text{ mm}$$

celkové konečné stlačení od
proměnného zatížení

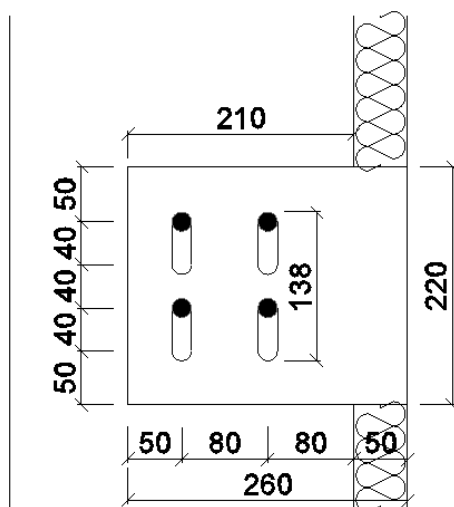
$$\Delta l_{q,fin} = \Delta l_q \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

$$\Delta l_{q,fin} = 2,64 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 5,02 \text{ mm}$$

celkové konečné stlačení

$$\Delta l_{fin} = \Delta l_{g,fin} + \Delta l_{q,fin} = 4,23 + 5,02 = 9,25 \text{ mm}$$

Vzhledem k tomu, že součástí ztužení stavby je betonové jádro, které má větší modul pružnosti než dřevo a tedy se nebude tolik stlačovat, musí připojení sloupu k betonovému jádru umožnit svislý posun. Detail přípoje je znázorněn na obrázku 10.4.



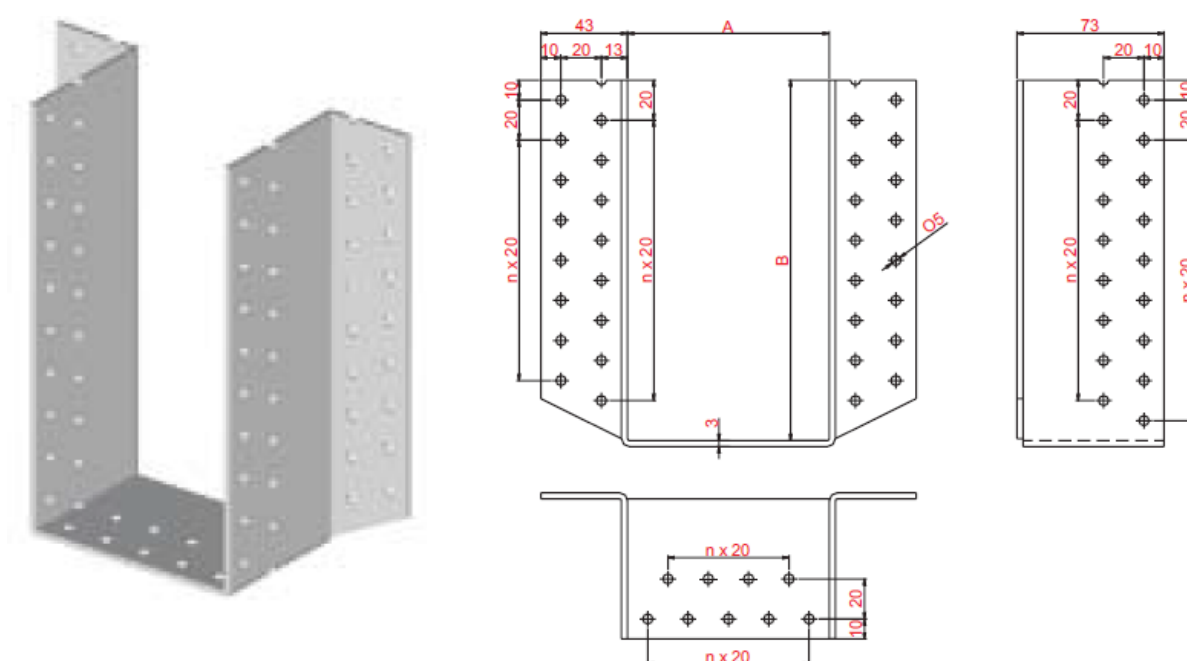
Obr. 10.4 – detail připojení sloupu k betonovému jádru

11. Spoje

Spoje byly posouzeny dle normy ČSN EN 1995-1-1 [10], ocelové prvky se posuzovaly dle normy ČSN EN 1993-1-1 [11]. Vzdálenosti od okrajů a konců pro ocelové plechy jsou vzaty z tabulek [19].

11.1 Napojení stropnic na průvlak

Stropnice budou napojeny na průvlak přes ocelový třmen BV/T firmy Bova [23]. Šířka třmenu je 60 mm a výška 180 mm. Budou použity hřebíky $\varnothing 4 \times 60$ mm. Třmen je na obrázku 11.1. Otvary ve dřevu budou předvrtány, průměr předvrtaných otvorů bude o 1 mm menší, než je průměr hřebíku, tedy 3 mm.



Obr. 11.1 - Třmen BV/T – obrázek byl převzat z katalogu BOVA [23]

Spoj je posouzen jako jednostřížný ocel – dřevo na maximální reakci ve stropnici od stropu. Reakce stropnice ve střeše je menší.

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|---|--|
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | lepené lamelové dřevo GL32 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,8$ |
| třída pevnosti plechu | S275 |
| pevnostní třída hřebíků | 3.6 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 3 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 275 \text{ MPa}$ |
| pevnost hřebíku | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr hřebíku | $d = 4 \text{ mm}$ |
| délka hřebíku | $l = 60 \text{ mm}$ |
| vník hřebíku do dřeva | $t_1 = l - t_2 = 60 - 3 = 57 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 5 \text{ mm}$ |
| klasifikace desky | tenká deska: $t_2 \leq 0,5 \cdot d \rightarrow 3 \leq 0,5 \cdot 4 \rightarrow 3 \leq 2 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ tlustá deska: $t_2 \geq d \rightarrow 3 \geq 4 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ Pro desky mezi tenkou a tlustou umožňuje norma interpolovat mezi limitními hodnotami pro tenkou a tlustou desku. V tomto výpočtu budeme brát nejmenší limitní hodnotu na stranu bezpečnou. |
| počet hřebíků v řadě | $n = 4$ |
| počet řad | 8 |
| součinitel pro určení efektivního počtu hřebíků | $k_{ef} = 0,57$ |
| účinný počet hřebíků | $n_{ef} = 8 \cdot n^{k_{ef}} = 8 \cdot 4^{0,57} = 17,55$ |
| síla ve spoji | $R = 7,7 \text{ kN}$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 90^\circ$ |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|--|--|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 4^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 3308 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny | $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 4) \cdot 410$ $f_{h,0,k} = 32,275 \text{ Nmm}^{-2}$ |
| součinitel | $k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 4 = 1,41$ |
| pevnost v otláčení po úhlem α | $f_{h,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ $f_{h,k} = \frac{32,275}{1,41 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 22,89 \text{ Nmm}^{-2}$ |

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku pro tenkou desku:

$$F_{v,Rk}^{tenká} = \min \left\{ \frac{0,4 f_{h,k} t_1 d}{1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d}} \right\} = \min \left\{ \frac{2088}{895} \right\} = 895 \text{ N}$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku pro tlustou desku:

$$F_{v,Rk}^{tlustá} = \min \left\{ \frac{f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right]}{2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d}} \right\} = \min \left\{ \frac{2243}{1266} \right\} = 1266 \text{ N}$$

charakteristická únosnost spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ F_{v,Rk}^{tenká}, F_{v,Rk}^{tlustá} \right\} = \min \left\{ 895, 1266 \right\} = 895 \text{ N}$$

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 17,55 \cdot \frac{0,8 \cdot 895}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 10,05 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

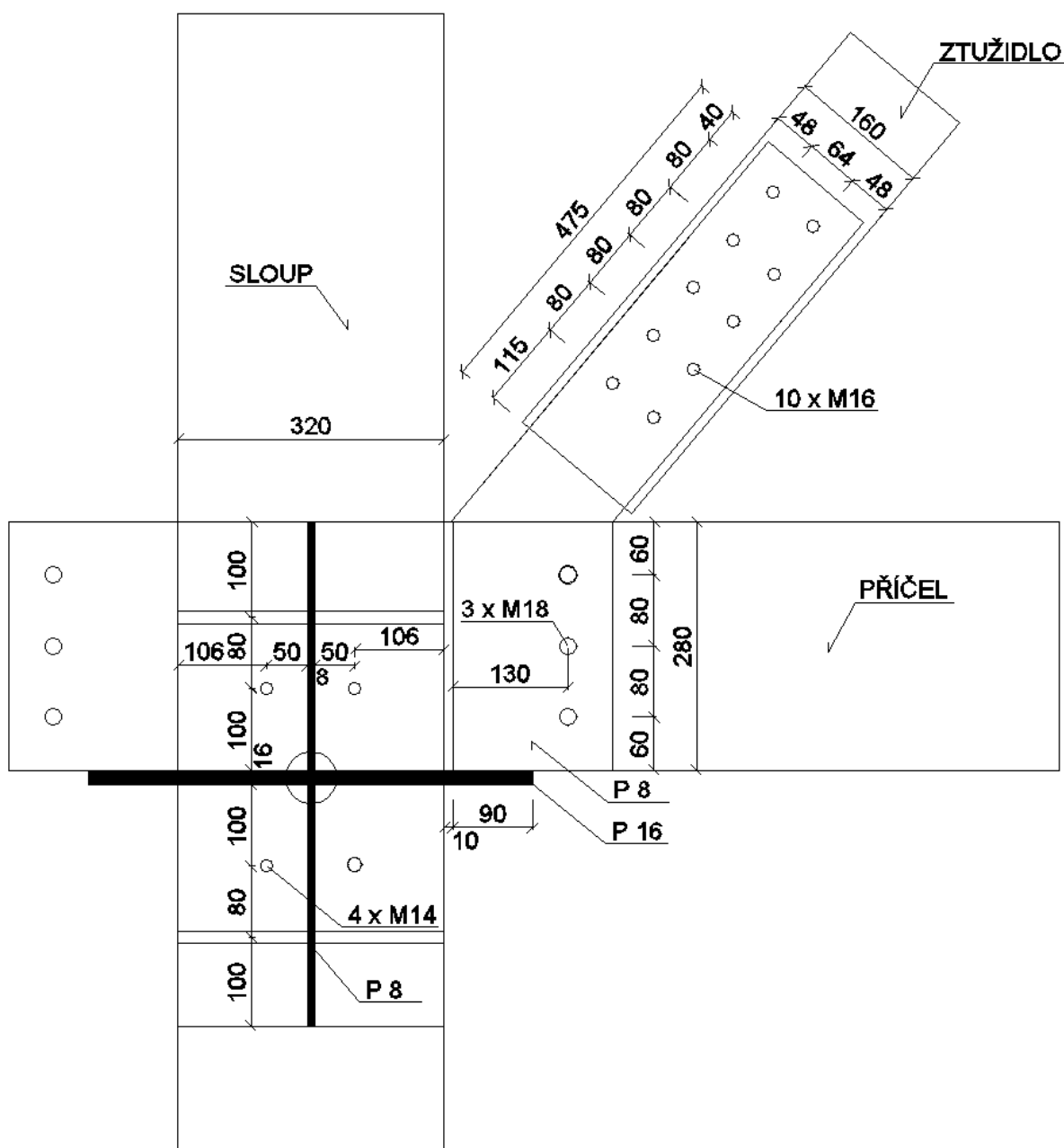
$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$7,70 \leq 10,05 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

11.2 Spoje na ocelovou botku

Na ocelovou botku se připojí hlavní nosníky, ztužidla a v krajních sloupech i obvodový plášť. Schéma připojení je na obrázku 11.2.

Reakci z hlavního nosníku ponese ocelová deska, svorníky v příčli se posoudí na normálovou sílu od větru. Svorníky ve ztužidle se posoudí taky na normálovou sílu od větru.



Obr. 11.2 - Schéma spojů pro 1.NP a 2.NP

Posouzení ocelové desky P16

| | |
|---|---|
| třída oceli | S355 |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_{M0} = 1$ |
| tloušťka ocelové desky | $t = 16 \text{ mm}$ |
| šířka ocelové desky | $l = 320 \text{ mm}$ |
| vyložení ocelové desky (excentricita síly) | $e = 100 \text{ mm}$ |
| reakce z průvlaku | $R = 38,76 \text{ kN}$ |
| průřezový modul | $W_y = \frac{1}{6} \cdot l \cdot t^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,32 \cdot 0,016^2 = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ |
| moment v uložení | $M = e \cdot R = 0,1 \cdot 38,76 = 3,88 \text{ kNm}$ |
| moment únosnosti | $M_{Rd} = \frac{W \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,37 \cdot 10^{-5} \cdot 355000}{1} = 4,85 \text{ kNm}$ |
| podmínka spolehlivosti | $M \leq M_{Rd}$ $3,88 \leq 4,85 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení svorníků ve ztužidlu 1. a 2.NP

Spoj je posouzen jako dvojstřížný ocel – dřevo, kdy ocelová deska je střední prvek. Jako spojovací prostředky jsou použity svorníky M16

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | rostlé dřevo C24 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída svorníků | 3.6 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 76 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |

| | |
|---------------------------------------|--|
| pevnost svorníku | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr svorníku | $d = 16 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 18 \text{ mm}$ |
| počet svorníků v jedné řadě | $n = 5$ |
| počet řad | 2 |
| rozteč ve směru vláken | $a_1 = 80 \text{ mm}$ |
| efektivní počet svorníků v jedné řadě | $n_{ef}^1 = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} = 5^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 16}} = 3,35 \right\}$ $n = 5$ |
| | $n_{ef}^1 = 3,35$ |
| počet svorníků celkem | $n_{ef} = 2 \cdot n_{ef}^1 = 2 \cdot 3,35 = 6,7$ |
| síla ve spoji | $R = 115,55 \text{ kN}$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |

Výpočet únosnosti spoje

plastický moment únosnosti $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 16^{2,6}$
 $M_{y,Rk} = 121606 \text{ Nmm}$

pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$
 $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 350$
 $f_{h,k} = 24,11 \text{ Nmm}^{-2}$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk}^1 = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \\ \sqrt[2,3]{\frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2} - 1} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} \end{array} \right\} \min = \begin{Bmatrix} 29315 \\ 14347 \\ 15752 \end{Bmatrix} = 14347 \text{ N}$$

rozhoduje mód 2: otláčí se dřevo a zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost spoje $F_{v,Rd} = 2 \cdot n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}^1}{\gamma_M} = 2 \cdot 6,7 \cdot \frac{0,9 \cdot 14,347}{1,3}$
 $F_{v,Rd} = 133,18 \text{ kN}$

podmínka spolehlivosti $R \leq F_{v,Rd}$
 $115,55 \leq 133,18 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

$$a_1 = 80 \text{ mm}$$

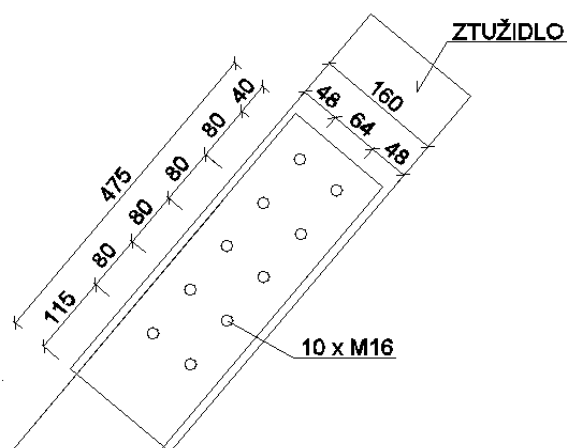
$$a_2 = 64 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = 115 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 48 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce 11.1 a na obrázku 11.3 je schéma spoje.



Obr. 11.3 – Schéma spoje ztužidla

Tab. 11.1 – Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 80 | 80 | vyhovuje |
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $4d$ | 0 | 64 | 64 | vyhovuje |
| $a_{3,t}$ | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 112 | 115 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 48 | 48 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 48 | 48 | vyhovuje |

Posouzení svorníků ve ztužidlu 3.NP

Spoj je posouzen jako dvojstřížný ocel – dřevo, kdy ocelová deska je střední prvek. Jako spojovací prostředky jsou použity svorníky M16

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------------|------------------|
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | rostlé dřevo C24 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída svorníků | 3.6 |

| | |
|---------------------------------------|--|
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 66 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| pevnost svorníku | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr svorníku | $d = 16 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 18 \text{ mm}$ |
| počet svorníků v řadě | $n = 3$ |
| počet řad | 2 |
| rozteč ve směru vláken | $a_1 = 80 \text{ mm}$ |
| efektivní počet svorníků v jedné řadě | $n_{ef}^1 = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} = 3^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 16}} = 2,12 \right\}$ $n = 3$ |
| | $n_{ef}^1 = 2,12$ |
| počet svorníků celkem | $n_{ef} = 2 \cdot n_{ef}^1 = 2 \cdot 2,12 = 4,23$ |
| síla ve spoji | $R = 62,72 \text{ kN}$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|---|--|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 16^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 121606 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otláčení rovnoběžně s vláknou | $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 350$ $f_{h,k} = 24,11 \text{ Nmm}^{-2}$ |

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk}^1 = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,k} t_1 d}{2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d}} \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \end{array} \right\} \min = \left\{ \begin{array}{l} 25458 \\ 13063 \\ 15752 \end{array} \right\} = 13063 \text{ N}$$

rozhoduje mód 2: otláčí se dřevo a zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}^1}{\gamma_M} = 2 \cdot 4,23 \cdot \frac{0,9 \cdot 13,063}{1,3}$$

$$F_{v,Rd} = 72,35 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$62,72 \leq 84,10 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

$$a_1 = 80 \text{ mm}$$

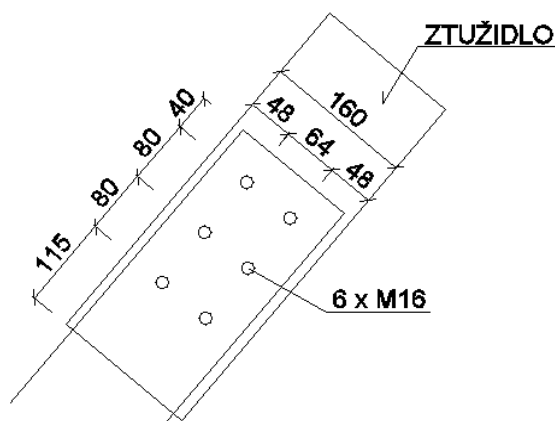
$$a_2 = 64 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = 115 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 70 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 70 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce 11.2 a na obrázku 11.4 je schéma spoje.



Obr. 11.4 – Schéma spoje ztužidla

Tab. 11.2 – Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha)d$ | 0 | 80 | 80 | vyhovuje |
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $4d$ | 0 | 64 | 64 | vyhovuje |
| $a_{3,t}$ | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 112 | 115 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d]$ | 180 | 48 | 48 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 48 | 48 | vyhovuje |

Posouzení svorníků ve ztužidlu 4. a 5.NP

Spoj je posouzen jako dvojstřížný ocel – dřevo, kdy ocelová deska je střední prvek. Jako spojovací prostředky jsou použity svorníky M16

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------------|------------------|
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | rostlé dřevo C24 |

| | |
|---------------------------------------|--|
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída svorníků | 3.6 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 56 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| pevnost svorníku | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr svorníku | $d = 16 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 18 \text{ mm}$ |
| počet svorníků v řadě | $n = 3$ |
| počet řad | 1 |
| rozteč ve směru vláken | $a_1 = 80 \text{ mm}$ |
| efektivní počet svorníků v jedné řadě | $n_{ef}^1 = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} = 3^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 16}} = 2,12 \right\}$ $n = 3$ |
| | $n_{ef}^1 = 2,12$ |
| počet svorníků celkem | $n_{ef} = 1 \cdot n_{ef}^1 = 2 \cdot 2,12 = 2,12$ |
| síla ve spoji | $R = 38,28 \text{ kN}$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|---|--|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 16^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 121606 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny | $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 350$ $f_{h,k} = 24,11 \text{ Nmm}^{-2}$ |
| charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku | |

$$F_{v,Rk}^1 = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \\ f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} \end{array} \right\} \min = \begin{Bmatrix} 21601 \\ 11878 \\ 15752 \end{Bmatrix} = 11878 \text{ N}$$

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}^1}{\gamma_M} = 2 \cdot 2,12 \cdot \frac{0,9 \cdot 11,878}{1,3}$$

$$F_{v,Rd} = 42,05 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$38,28 \leq 42,05 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

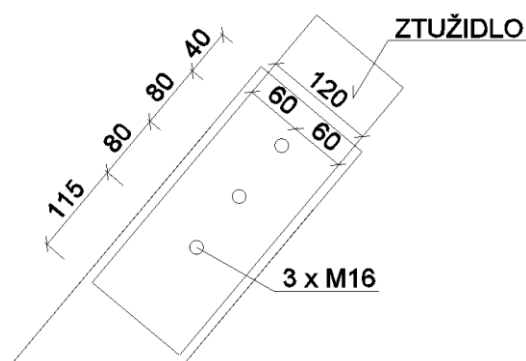
$$a_1 = 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = 115 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 60 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 60 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce 11.3 a na obrázku 11.5 je schéma spoje.



Obr. 11.5 – Schéma spoje ztužidla

Tab. 11.3 – Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 80 | 80 | vyhovuje |
| $a_{3,t}$ | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 112 | 115 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 48 | 60 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 48 | 60 | vyhovuje |

Posouzení svorníků v příčli

Spoj je posouzen jako dvojstřižný ocel – dřevo, kdy ocelová deska je střední prvek. Jako spojovací prostředky jsou použity svorníky M18

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | lepené lamelové dřevo GL32 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída svorníků | 3.6 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 126 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| pevnost svorníku | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr svorníku | $d = 18 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 20 \text{ mm}$ |
| počet svorníků | $n = 3$ |
| síla ve spoji | $R = 86,61 \text{ kN}$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|--|--|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 18^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 165178 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otlačení rovnoběžně s vlákny | $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 18) \cdot 350$ $f_{h,k} = 27,57 \text{ Nmm}^{-2}$ |

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk}^1 = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} \end{array} \right\} \min = \begin{Bmatrix} 62525 \\ 27734 \\ 20823 \end{Bmatrix} = 20823 \text{ N}$$

rozhoduje mód 3: zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot n \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}^1}{\gamma_M} = 2 \cdot 3 \cdot \frac{0,9 \cdot 20,823}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 89,96 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$86,61 \leq 89,96 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

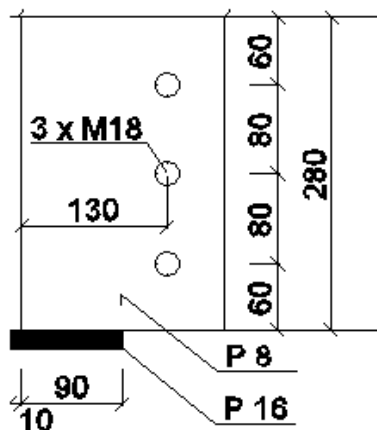
$$a_2 = 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = 126 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 54 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 54 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce 11.4 a na obrázku 11.6 je schéma spoje.



Obr. 11.6 – Schéma spoje ztužidla

Tab. 11.4 – Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 4d | 0 | 72 | 80 | vyhovuje |
| $a_{3,t}$ | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 126 | 130 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2+2\sin\alpha)d; 3d]$ | 180 | 54 | 60 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 3d | 180 | 54 | 60 | vyhovuje |

11.3 Spoj konce ztužidla s průvlakem

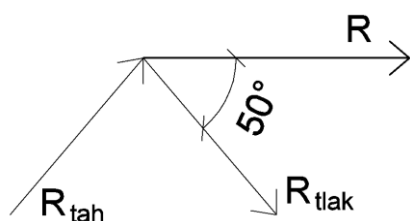
Ztužidlo je napojeno na průvlak přes ocelové plechy, které jsou zapuštěny ve dřevě.

Svorníky ve ztužidlu budou stejné jako u spoje na botku. Připojení k průvlaku bude odstupňováno dle podlaží stejně jako ztužidla. Síly ve ztužidle vzniknou od zatížení větrem a rozloží se na svislou a vodorovnou složku. Svislá složka sil se vynuluje a na vodorovnou složku se spoj posoudí.

Posouzení vrutů 1. a 2.NP

Spoj je posouzen jako jednostřížný ocel – dřevo. Jako spojovací prostředky jsou použity vruty o průměru 10 mm.

Rozložení sil



$$R_{tah} = 115,41 \text{ kN}$$

$$R_{tlak} = 115,55 \text{ kN}$$

$$R = (R_{tah} + R_{tlak}) \cdot \cos 50^\circ$$

$$R = (115,41 + 115,55) \cdot \cos 50^\circ$$

$$R = 148,46 \text{ kN}$$

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | lepené lamelové dřevo GL32 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída vrutů | 4.8 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 152 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| pevnost vrutu | $f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$ |

| | |
|---------------------------------------|---|
| průměr vrutu | $d = 10 \text{ mm}$ |
| efektivní průměr vrutu | $d_{ef} = 1,1 \cdot d = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 12 \text{ mm}$ |
| počet vrutů v řadě | $n = 9$ |
| počet řad | 4 |
| rozteč ve směru vláken | $a_1 = 50 \text{ mm}$ |
| efektivní počet svorníků v jedné řadě | $n_{ef}^1 = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} = 9^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{50}{13 \cdot 10}} = 5,56 \right\}$ $n = 9$ |
| | $n_{ef}^1 = 5,56$ |
| počet svorníků celkem | $n_{ef} = 4 \cdot n_{ef}^1 = 4 \cdot 5,56 = 22,22$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |
| klasifikace desky | tenká deska: $t_2 \leq 0,5 \cdot d \rightarrow 8 \leq 0,5 \cdot 12 \rightarrow 8 \leq 6 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ tlustá deska: $t_2 \geq d \rightarrow 8 \geq 12 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ Pro desky mezi tenkou a tlustou umožňuje norma interpolovat mezi limitními hodnotami pro tenkou a tlustou deskou. |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|--|---|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 11^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 61207 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otlacení rovnoběžně s vlákny | $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d_{ef}) \cdot \rho_k$ $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 11) \cdot 410$ $f_{h,k} = 29,92 \text{ Nmm}^{-2}$ |

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku tenkou deskou

$$F_{v,Rk}^{tenká} = \min \left\{ \frac{0,4 f_{h,k} t_1 d}{1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d}} \right\} = \min \left\{ \frac{20012}{7300} \right\} = 7300 \text{ N}$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku pro tlustou desku:

$$F_{v,Rk}^{tlustá} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{\frac{M_{y,Rk} f_{h,k} d}{f_{h,k} t_1 d}} \end{array} \right\} \min = \begin{Bmatrix} 50029 \\ 21290 \\ 10323 \end{Bmatrix} = 10323 \text{ N}$$

mezní hodnota d pro tlustou desku 6

mezní hodnota d pro tenkou desku 12

charakteristická únosnost spojovacího prostředku (interpolace)

$$F_{v,Rk} = \frac{F_{v,Rk}^{tlustá} - F_{v,Rk}^{tenká}}{12 - 6} \cdot (6 - d) + F_{v,Rk}^{tlustá}$$

$$F_{v,Rk} = \frac{10323 - 7300}{12 - 6} \cdot (6 - 8) + 10323$$

$$F_{v,Rk} = 9315 \text{ N} = 9,32 \text{ kN}$$

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 22,22 \cdot \frac{0,9 \cdot 9,32}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 149,04 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$148,46 \leq 149,04 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

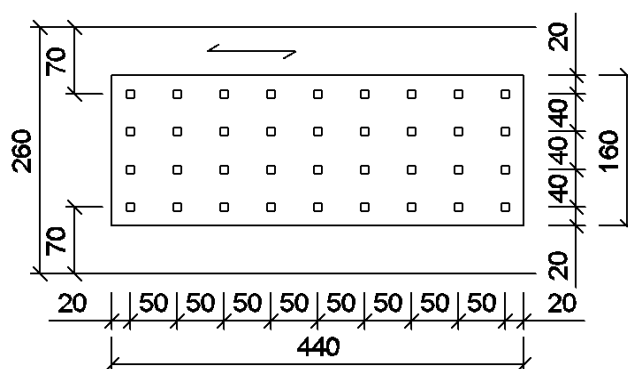
$$a_1 = 50 \text{ mm}$$

$$a_2 = 40 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 70 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 70 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce 11.5 a na obrázku 11.7 je schéma spoje.



Obr. 11.7 – Schéma spoje ztužidla

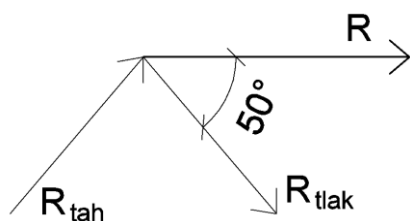
Tab. 11.5 – Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 50 | 50 | vyhovuje |
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $4d$ | 0 | 40 | 40 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 30 | 70 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 30 | 70 | vyhovuje |

Posouzení vrutů v průvlaku 3.NP

Spoj je posouzen jako jednostřížný ocel – dřevo. Jako spojovací prostředky jsou použity vruty o průměru 10 mm

Rozložení sil



$$R_{tah} = 62,63 \text{ kN}$$

$$R_{tlak} = 62,72 \text{ kN}$$

$$R = (R_{tah} + R_{tlak}) \cdot \cos 50^\circ$$

$$R = (62,63 + 62,72) \cdot \cos 50^\circ$$

$$R = 80,57 \text{ kN}$$

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | lepené lamelové dřevo GL32 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída vrutů | 4.8 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 152 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| pevnost vrutu | $f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$ |
| průměr vrutu | $d = 10 \text{ mm}$ |

| | |
|---------------------------------------|---|
| efektivní průměr vrutu | $d_{ef} = 1,1 \cdot d = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 12 \text{ mm}$ |
| počet vrutů v řadě | $n = 5$ |
| počet řad | 4 |
| rozteč ve směru vláken | $a_1 = 80 \text{ mm}$ |
| efektivní počet svorníků v jedné řadě | $n_{ef}^1 = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} = 5^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 10}} = 3,68 \right\}$ $n = 5$ |
| | $n_{ef}^1 = 3,68$ |
| počet svorníků celkem | $n_{ef} = 4 \cdot n_{ef}^1 = 4 \cdot 3,68 = 14,73$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |
| klasifikace desky | tenká deska: $t_2 \leq 0,5 \cdot d \rightarrow 8 \leq 0,5 \cdot 12 \rightarrow 8 \leq 6 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ tlustá deska: $t_2 \geq d \rightarrow 8 \geq 12 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ Pro desky mezi tenkou a tlustou umožňuje norma interpolovat mezi limitními hodnotami pro tenkou a tlustou deskou. |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|--|---|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 11^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 61207 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny | $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d_{ef}) \cdot \rho_k$ $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 11) \cdot 410$ $f_{h,k} = 29,92 \text{ Nmm}^{-2}$ |

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku tenkou deskou

$$F_{v,Rk}^{tenká} = \min \left\{ \frac{0,4 f_{h,k} t_1 d}{1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d}} \right\} = \min \left\{ \frac{20012}{7300} \right\} = 7300 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk}^{tlustá} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} \\ f_{h,k} t_1 d \end{array} \right\} \min = \begin{Bmatrix} 50029 \\ 21290 \\ 10323 \end{Bmatrix} = 10323 \text{ N}$$

desku

desku

$$F_{v,Rk} = \frac{F_{v,Rk}^{tlustá} - F_{v,Rk}^{tenká}}{12 - 6} \cdot (6 - d) + F_{v,Rk}^{tlustá}$$
$$F_{v,Rk} = \frac{10323 - 7300}{12 - 6} \cdot (6 - 8) + 10323$$
$$F_{v.Bk} = 9315 \text{ N} = 9,32 \text{ kN}$$
$$F_{v,Rd} = n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 14,73 \cdot \frac{0,9 \cdot 9,32}{1,25}$$
$$F_{v.Rd} = 98,76 \text{ kN}$$
$$R \leq F_{v,Rd}$$

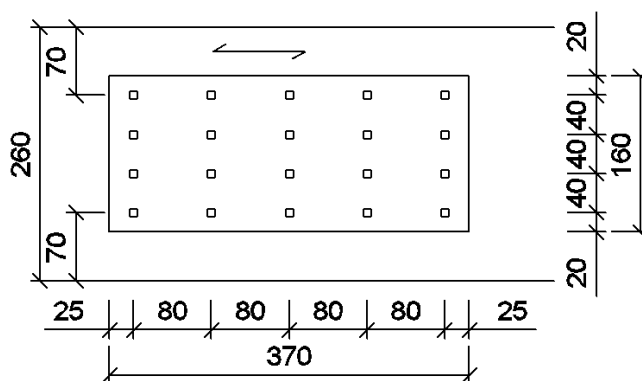
$80,57 \leq 98,76 \rightarrow VYHOVUJE$

$$a_1 = 80 \text{ mm}$$
$$a_2 = 40 \text{ mm}$$
$$a_{4,t} = 70 \text{ mm}$$
$$a_{4,c} = 70 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce

11.6 a na obrázku 11.8 je schéma

spoje.



Obr. 11.8 – Schéma spoje ztužidla

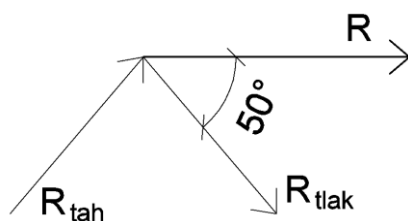
Tab. 11.6 – Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4+l\cos \alpha)d$ | 0 | 50 | 80 | vyhovuje |
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $4d$ | 0 | 40 | 40 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2+2\sin\alpha)d; 3d]$ | 180 | 30 | 70 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 30 | 70 | vyhovuje |

Posouzení vrutů v průvlaku 4. a 5.NP

Spoj je posouzen jako jednostřížný ocel – dřevo. Jako spojovací prostředky jsou použity vruty o průměru 10 mm

Rozložení sil



$$R_{tah} = 38,21 \text{ kN}$$

$$R_{tlak} = 38,28 \text{ kN}$$

$$R = (R_{tah} + R_{tlak}) \cdot \cos 50^\circ$$

$$R = (38,21 + 38,28) \cdot \cos 50^\circ$$

$$R = 49,17 \text{ kN}$$

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------------|-----------------------------|
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | lepené lamelové dřevo GL32 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída vrutů | 4.8 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 152 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| pevnost vrutu | $f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$ |
| průměr vrutu | $d = 10 \text{ mm}$ |

| | |
|---------------------------------------|---|
| efektivní průměr vrutu | $d_{ef} = 1,1 \cdot d = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 12 \text{ mm}$ |
| počet vrutů v řadě | $n = 5$ |
| počet řad | 2 |
| rozteč ve směru vláken | $a_1 = 80 \text{ mm}$ |
| efektivní počet svorníků v jedné řadě | $n_{ef}^1 = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} = 5^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 10}} = 3,68 \right\}$ $n = 5$ |
| | $n_{ef}^1 = 3,68$ |
| počet svorníků celkem | $n_{ef} = 2 \cdot n_{ef}^1 = 2 \cdot 3,68 = 7,36$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |
| klasifikace desky | tenká deska: $t_2 \leq 0,5 \cdot d \rightarrow 8 \leq 0,5 \cdot 12 \rightarrow 8 \leq 6 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ tlustá deska: $t_2 \geq d \rightarrow 8 \geq 12 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ Pro desky mezi tenkou a tlustou umožňuje norma interpolovat mezi limitními hodnotami pro tenkou a tlustou deskou. |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|--|---|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 11^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 61207 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny | $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d_{ef}) \cdot \rho_k$ $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 11) \cdot 410$ $f_{h,k} = 29,92 \text{ Nmm}^{-2}$ |

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku tenkou deskou

$$F_{v,Rk}^{tenká} = \min \left\{ \frac{0,4 f_{h,k} t_1 d}{1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d}} \right\} = \min \left\{ \frac{20012}{7300} \right\} = 7300 \text{ N}$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku pro tlustou desku:

$$F_{v,Rk}^{tlustá} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{\frac{M_{y,Rk} f_{h,k} d}{f_{h,k} t_1 d}} \end{array} \right\} \min = \begin{Bmatrix} 50029 \\ 21290 \\ 10323 \end{Bmatrix} = 10323 \text{ N}$$

mezní hodnota d pro tlustou desku 6

mezní hodnota d pro tenkou desku 12

charakteristická únosnost spojovacího prostředku (interpolace)

$$F_{v,Rk} = \frac{F_{v,Rk}^{tlustá} - F_{v,Rk}^{tenká}}{12 - 6} \cdot (6 - d) + F_{v,Rk}^{tlustá}$$

$$F_{v,Rk} = \frac{10323 - 7300}{12 - 6} \cdot (6 - 8) + 10323$$

$$F_{v,Rk} = 9315 \text{ N} = 9,32 \text{ kN}$$

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 7,36 \cdot \frac{0,9 \cdot 9,32}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 49,38 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$49,17 \leq 49,38 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

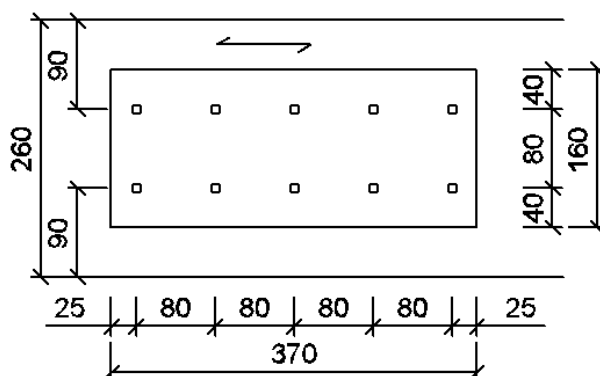
$$a_1 = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 = 80 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 90 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 90 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce 11.7 a na obrázku 11.9 je schéma spoje.



Obr. 11.9 – Schéma spoje ztužidla

Tab. 11.7 – Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

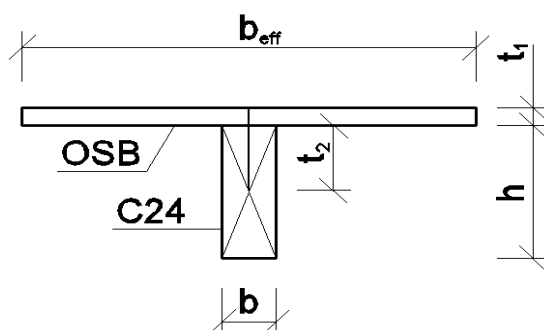
| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 50 | 80 | vyhovuje |
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $4d$ | 0 | 40 | 80 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 30 | 90 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 30 | 90 | vyhovuje |

12. Posouzení balkonové konstrukce

Balkony se nachází na jižní straně objektu. Nosníky jsou z profilu 60 x 160 mm ze dřeva třídy C24 v osové vzdálenosti 1 m a jsou uloženy na příčle. Jedna příčle je součástí obvodového pláště a nese i obvodový plášť. Příčle v rozdílné výškové úrovni zajišťují spád balkonové konstrukce. Detail napojení balkonu je na obrázku.

12.1 Posouzení nosníku balkonu

Nosník je posouzen jako T profil, trám je spřažen s OSB deskou, posuzovaný průřez je na obrázku 12.1. Je uvažována systémová délka nosníku $l = 1,55 \text{ m}$.



Obr. 12.1 – posuzovaný průřez

Charakteristika materiálu a prostředí

| materiál | OSB | C24 |
|--|---|--|
| zatížení | střednědobé | střednědobé |
| třída provozu | 2 | 2 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean,1} = 4930 \text{ MPa}$ | $E_{0,mean,2} = 11000 \text{ MPa}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_{m,1} = 1,2$ | $\gamma_{m,2} = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod,1} = 0,55$ | $k_{mod,2} = 0,8$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def,1} = 2,25$ | $k_{def,2} = 0,8$ |
| součinitel pro proměnné zatížení | $\psi_2 = 0,3$ (kategorie A: obytné budovy) | |
| průměrná hustota | $\rho_{m,1} = 650 \text{ kgm}^{-3}$ | $\rho_{m,2} = 420 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměrná hustota složeného průřezu | $\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1}\rho_{m,2}} = \sqrt{650 \cdot 420} = 522,5 \text{ kgm}^{-3}$ | |
| charakteristická hustota | $\rho_{k,1} = 550 \text{ kgm}^{-3}$ | $\rho_{k,2} = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| modul pružnosti pro výpočet konečného průhybu od stálého zatížení | $E_{mean,fin}^{s,1} = \frac{E_{0,mean,1}}{(1 + k_{def,1})}$ $E_{mean,fin}^{s,1} = \frac{4930}{(1 + 2,25)}$ $E_{mean,fin}^s = 1517 \text{ MPa}$ | $E_{mean,fin}^{s,2} = \frac{E_{0,mean,2}}{(1 + k_{def,2})}$ $E_{mean,fin}^{s,2} = \frac{11000}{(1 + 0,8)}$ $E_{mean,fin}^{s,2} = 6111 \text{ MPa}$ |
| modul pružnosti pro výpočet konečného průhybu od proměnného zatížení | $E_{mean,fin}^{u,1} = \frac{E_{0,mean,1}}{(1 + \psi_2 k_{def,1})}$ $E_{mean,fin}^{u,1} = \frac{4930}{(1 + 0,3 \cdot 2,25)}$ $E_{mean,fin}^{u,1} = 2943 \text{ MPa}$ | $E_{mean,fin}^{u,2} = \frac{E_{0,mean,2}}{(1 + \psi_2 k_{def,2})}$ $E_{mean,fin}^{u,2} = \frac{4930}{(1 + 0,3 \cdot 0,8)}$ $E_{mean,fin}^{u,2} = 8871 \text{ MPa}$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | | |
|------|----------------------------------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,1} = 16,4 \text{ MPa}$ | $f_{m,k,2} = 24 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k,1} = 15,4 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,k,2} = 21 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,k,1} = 9,4 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,k,2} = 14 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k,1} = 6,8 \text{ MPa}$ | $f_{v,k,2} = 4 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

$$f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m}$$

| | | |
|------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,1} = 7,52 \text{ MPa}$ | $f_{m,k,2} = 14,77 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,d,1} = 7,06 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,d,2} = 12,92 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,d,1} = 4,31 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,d,2} = 8,62 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d,1} = 3,12 \text{ MPa}$ | $f_{v,d,2} = 2,46 \text{ MPa}$ |

Spojovací prostředky – hřebíky kruhového průřezu, předvrtané

| | |
|----------------------------|---|
| mez pevnosti | $f_u = 600 \text{ MPa}$ |
| průměr | $d = 5 \text{ mm}$ |
| počet hřebíků vedle sebe | 1 |
| rozteč po délce nosníku | $s = 100 \text{ mm}$ |
| délka hřebíku | $l_h = 100 \text{ mm}$ |
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 f_u d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 5^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 11819 \text{ Nmm}^{-1}$ |
| modul prokluzu pro MSP | $k_{ser} = \rho_m^{1,5} \frac{d}{23} = 522,5^{1,5} \frac{5}{23} = 2596$ |
| modul prokluzu pro MSÚ | $k_u = \frac{2}{3} k_{ser} = \frac{2}{3} 2596 = 1731$ |

Průřezové charakteristiky

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| osová vzdálenost nosníků | $o = 1000 \text{ mm}$ |
| délka nosníků | $l = 1550 \text{ mm}$ |

Parametry pro dřevo

| | |
|--------------------------|---|
| šířka průřezu C24 | $b = 60 \text{ mm}$ |
| výška průřezu C24 | $h = 160 \text{ mm}$ |
| vník hřebíku | $t_2 = 78 \text{ mm}$ |
| plocha C24 | $A_2 = b \cdot h = 60 \cdot 160 = 9600 \text{ mm}^2$ |
| moment setrvačnosti C24 | $I_2 = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 160^3 = 2,05 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$ |
| součinitel pro MSP i MSÚ | $\gamma_2 = 1$ |

vzdálenost neutrální osy pro MSP
– pro výpočet okamžitého
průhybu

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$$

$$a_2 = \frac{0,14 \cdot 4930 \cdot 8140 \cdot (22 + 160)}{2 \cdot (0,14 \cdot 4930 \cdot 8140 + 1 \cdot 11000 \cdot 9600)}$$

$$a_2 = 4,47 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP
– pro výpočet konečného
průhybu od stálého zatížení

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$$

$$a_2 = \frac{0,14 \cdot 1516 \cdot 8140 \cdot (22 + 160)}{2 \cdot (0,14 \cdot 1516 \cdot 8140 + 1 \cdot 6111 \cdot 9600)}$$

$$a_2 = 2,53 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP
– pro výpočet konečného
průhybu od proměnného zatížení

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$$

$$a_2 = \frac{0,14 \cdot 2943 \cdot 8140 \cdot (22 + 160)}{2 \cdot (0,14 \cdot 2943 \cdot 8140 + 1 \cdot 8871 \cdot 9600)}$$

$$a_2 = 3,35 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro
MSÚ

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$$

$$a_2 = \frac{0,14 \cdot 4930 \cdot 8140 \cdot (22 + 160)}{2 \cdot (0,14 \cdot 4930 \cdot 8140 + 1 \cdot 11000 \cdot 9600)}$$

$$a_2 = 3,17 \text{ mm}$$

Parametry pro OSB

tloušťka OSB desky

$$t_1 = 22 \text{ mm}$$

výpočet spolupůsobící šířky

$$b_{eff} = \min \left\{ \begin{matrix} b_{c,eff} + b_2 = 310 + 60 \\ o = 1000 \end{matrix} \right\} = 370 \text{ mm}$$

$$b_{c,eff} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,2l = 0,2 \cdot 1550 = 310 \\ 30t_1 = 30 \cdot 22 = 660 \end{matrix} \right\} = 310 \text{ mm}$$

plocha OSB

$$A_1 = b_{eff} \cdot t_1 = 370 \cdot 22 = 81400 \text{ mm}^2$$

moment setrvačnosti OSB

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_1^3 = \frac{1}{12} \cdot 370 \cdot 22^3 = 3,28 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

součinitel pro MSP

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s / (K_{ser} l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 4930 \cdot 8140 \cdot 100 / (2596 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,14$$

součinitel pro MSÚ

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s / (K_u l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 4930 \cdot 8140 \cdot 100 / (1731 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,10$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP

– pro výpočet okamžitého

průhybu

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 160}{2} - 4,47 = 86,53 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP

– pro výpočet konečného

průhybu od stálého zatížení

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 160}{2} - 2,53 = 88,47 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP

– pro výpočet konečného

průhybu od proměnného zatížení

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 160}{2} - 3,35 = 87,65 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro

MSÚ

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 160}{2} - 3,17 = 87,83 \text{ mm}$$

Výpočet účinné ohybové tuhosti

ohybová tuhost pro MSP – pro

výpočet okamžitého průhybu

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 8140 + 11000 \cdot 9600 + 0,14 \cdot 4930 \cdot 8140 \cdot 86,53^2 + 1 \cdot 11000 \cdot 9600 \cdot 4,47^2$$

$$(EI)_{ef} = 2,70 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro

výpočet konečného průhybu od

stálého zatížení

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 1517 \cdot 8140 + 6111 \cdot 9600 + 0,14 \cdot 1517 \cdot 8140 \cdot 88,47^2 + 1 \cdot 6111 \cdot 9600 \cdot 2,53^2$$

$$(EI)_{ef} = 1,39 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet konečného průhybu od
proměnného zatížení

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 2943 \cdot 8140 + 8871 \cdot 9600 + 0,14 \cdot 2943$$

$$\cdot 8140 \cdot 87,65^2 + 1 \cdot 8871 \cdot 9600$$

$$\cdot 3,35^2$$

$$(EI)_{ef} = 2,09 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSÚ

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 8140 + 11000 \cdot 9600 + 0,10 \cdot 4930$$

$$\cdot 8140 \cdot 87,83^2 + 1 \cdot 11000 \cdot 9600$$

$$\cdot 3,17^2$$

$$(EI)_{ef} = 2,57 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

Stálé zatížení

Na stropnici působí zatížení od podlahy a podhledu a vlastní tíha stropního nosníku.

Plošné stálé zatížení balkonu $g_{k,s} = 1,01 \text{ kNm}^{-2}$

Vlastní tíha nosníku $g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,06 \cdot 0,16 \cdot \frac{350}{100} = 0,03 \text{ kNm}^{-1}$

Osová vzdálenost nosníků $s = 1 \text{ m}$

Charakteristické zatížení $g_k = s \cdot g_{k,s} + g_{k,n} = 1 \cdot 1,01 + 0,03$
 $g_k = 1,04 \text{ kNm}^{-1}$

Bezpečnostní součinitel $\gamma_G = 1,35$

Návrhové zatížení $g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 1,04 = 1,41 \text{ kNm}^{-1}$

Zatěžovací stavy, vnitřní síly a průhyb

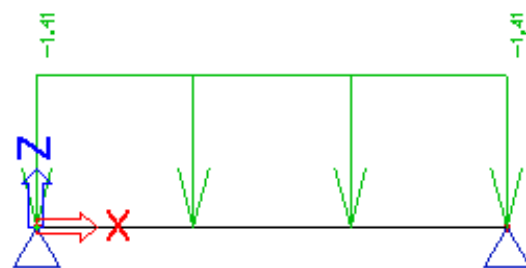
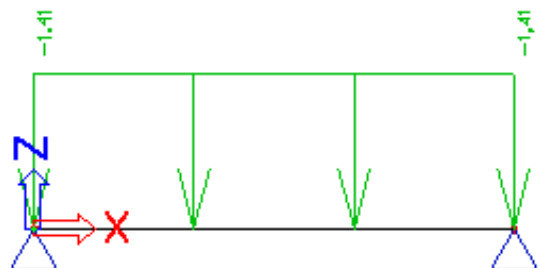
Stropnice je na příčli uložena kloubově. Kombinace zatížení jsou dvě, v první působí na nosník stálé zatížení a spojitě proměnné zatížení, v druhé kombinaci působí stálé zatížení a osamělé břemeno.

kombinace zatížení:

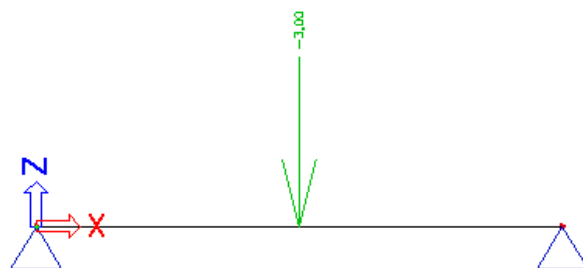
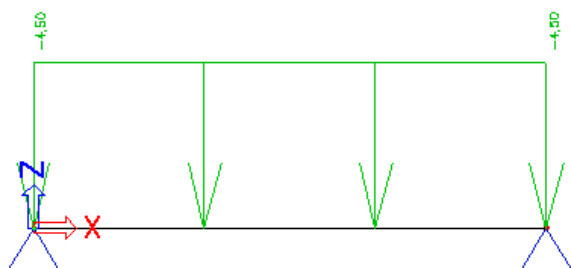
C01

C02

stálé zatížení

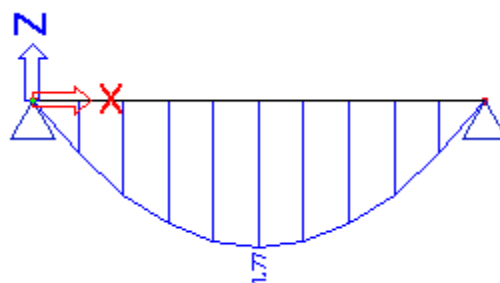
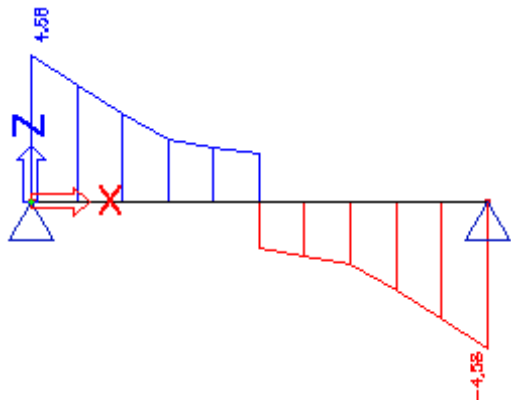


proměnné zatížení



obálka maximálních posouvajících sil

obálka maximálních ohybových momentů



Vypočte se normálové napětí v tlaku, smyku a ohybu a deska i trám se posoudí zvlášť.
Pro posouzení smykového napětí se předpokládá, že smyk přenesou pouze dřevěný trám.

Posouzení průřezu v MSÚ

maximální moment

$$M_{max} = 1,77 \text{ kNm}$$

maximální posouvající síla

$$V_{max} = 4,58 \text{ kN}$$

deska

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,10 \cdot 4930 \cdot 87,83 \cdot 1,77}{2,57 \cdot 10^{11}} = 0,28 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_1 \leq f_{c,0,d,1}$$

$$0,28 \leq 4,31 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 6%

dřevo

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 3,17 \cdot 1,77}{2,57 \cdot 10^{11}} = 0,24 \text{ MPa}$$

normálové napětí v ohybu

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 160 \cdot 1,77}{2,57 \cdot 10^{11}} = 6,05 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_2 + \sigma_{m,2} \leq f_{m,d,2}$$

$$0,24 + 6,05 \leq 14,77$$

$$6,29 \leq 14,77 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 43%

h pro výpočet smyku

$$h = 0,5 h_2 + a_2 = 0,5 \cdot 160 + 3,17 = 83,17 \text{ mm}$$

smykové napětí

$$\tau_{max} = \frac{0,5 E_2 h^2 V}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 83,17^2 \cdot 4,58}{2,57 \cdot 10^{11}}$$

$$\tau_{max} = 0,68 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\tau_{max} \leq f_{v,d,2}$$

$$0,68 \leq 2,46 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 28 %

Posouzení průřezu v MSP

okamžitý průhyb od stálého
zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,04 \cdot 1,55^4}{2,57 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{inst,G} = 0,29 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od
proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3 \cdot 1,55^4}{2,57 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{inst,Q} = 0,84 \text{ mm}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{1}{48} \cdot \frac{Q_k l^3}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{1}{48} \cdot \frac{2 \cdot 1,55^3}{2,57 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{inst,Q} = 0,60 \text{ mm}$$

Průhyb od osamělé síly vychází menší, dál se bude počítat jen s průhybem od spojitého zatížení.

výsledný okamžitý průhyb
podmínka spolehlivosti pro
okamžitý průhyb

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 0,29 + 0,84 = 1,13 \text{ mm}$$

$$|w_{inst}| \leq \frac{l}{300} = \frac{1550}{300}$$

$$1,13 \leq 5,17 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

konečný průhyb stálého
zatížení

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,04 \cdot 1,55^4}{1,39 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{net,fin,G} = 0,56 \text{ mm}$$

konečný průhyb proměnného
zatížení

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3 \cdot 1,55^4}{2,09 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{net,fin,Q} = 1,08 \text{ mm}$$

výsledný konečný průhyb

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 0,56 + 1,08$$

$$w_{net,fin} = 1,64 \text{ mm}$$

podmínka spolehlivosti pro
konečný průhyb

$$|w_{net,fin}| \leq \frac{l}{250} = \frac{1550}{250}$$

$$1,64 \leq 6,2 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení spřažení - jednostřížný hřebíkový spoj dřevo - deska

podélná smyková síla

$$F = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s V}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 9600 \cdot 3,17 \cdot 100 \cdot 4,58}{2,57 \cdot 10^{11}}$$

$$F = 0,60 \text{ kN}$$

pevnost v otlacení OSB

$$f_{h,1,k} = 65 \cdot t_1^{0,1} \cdot d^{-0,7} = 65 \cdot 22^{0,1} \cdot 5^{-0,7}$$

$$f_{h,1,k} = 28,70 \text{ Nmm}^{-2}$$

pevnost v otláčení dřeva C24 $f_{h,2,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 350 \cdot 5^{-0,3}$

$$f_{h,2,k} = 17,71 \text{ Nmm}^{-2}$$

poměr pevností v otláčení

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{17,71}{28,70} = 0,62$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3157 \\ 6906 \\ 2479 \\ 1447 \\ 2766 \\ 1850 \end{array} \right\} = 1447 \text{ N} = 1,45 \text{ kN}$$

rozhoduje 4 mód: otláčí se dřevo a zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost dvou

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,55 \cdot 1,45}{1,2} = 0,66 \text{ kN}$$

spojovacích prostředků pro

OSB desku

návrhová únosnost dvou

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 1,45}{1,3} = 0,89 \text{ kN}$$

spojovacích prostředků pro

dřevo C24

podmínka spolehlivosti

$$F \leq \min\{F_{v,Rd}\}$$

$$0,60 \leq 0,66 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

V tabulce 12.1 jsou posouzeny rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců.

Tab. 12.1 – Posouzení roztečí

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 42,5 | 100 | vyhovuje |
| $a_{3,t}$ | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 80 | 100 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 15 | 30 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 15 | 30 | vyhovuje |

OSB deska je využita v tlaku na 6%, dřevěný trám je využit v ohybu na 43% a ve smyku, který přenáší jen žebro, je průřez využit na 28%.

12.2 Posouzení hlavních nosníků balkonu

Hlavní nosník na straně balkonových sloupů

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|--------------------------|---|
| materiál | rostlé dřevo C24 |
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 2 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$ $E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,8$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,8$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|------|----------------------------|
| ohyb | $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ |

tlak $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$

Návrhové pevnosti materiálu

ohyb $f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{24 \cdot 0,8}{1,3} = 14,77 \text{ MPa}$

smyk $f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{4 \cdot 0,8}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$

tlak $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{21 \cdot 0,8}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$

Průřezové charakteristiky

šířka průřezu $b = 120 \text{ mm}$

výška průřezu $h = 280 \text{ mm}$

moment setrvačnosti $I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,12 \cdot 0,28^3 = 2,20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

průřezový modul $W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,12 \cdot 0,28^2 = 1,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

plocha $A = b \cdot h = 0,12 \cdot 0,28 = 0,034 \text{ m}^2$

Zatížení

Na hlavní nosník působí síly od nosníků v osové vzdálenosti 1 m. Síly F jsou reakce balkonových nosníků. Hlavní nosík je dále zatížen zábradlím, které tvoří ocelové tyče ukotvené do hlavního nosníku, zábradlí obloženo dřevem.

charakteristické stálé zatížení $F_{g,k} = 0,81 \text{ kN}$

vlastní tíha nosníku $g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,12 \cdot 0,28 \cdot \frac{350}{100} = 0,12 \text{ kNm}^{-1}$

vlastní tíha zábradlí $g_{k,z} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,02 \cdot 1 \cdot \frac{350}{100} = 0,07 \text{ kNm}^{-1}$

$$g_{k,z} \approx 0,1 \text{ kNm}^{-1}$$

charakteristické stálé zatížení $g_k = g_{k,n} + g_{k,z} = 0,12 + 0,1 = 0,22 \text{ kNm}^{-1}$

bezpečnostní součinitel $\gamma_G = 1,35$

návrhové stálé zatížení $F_{g,d} = \gamma_G \cdot F_{g,k} = 1,35 \cdot 0,81 = 1,09 \text{ kN}$

návrhové stálé zatížení vlastní $g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 0,22 = 0,30 \text{ kNm}^{-1}$

tíhou

charakteristické proměnné

$$F_{q,k} = 2,33 \text{ kN}$$

zatížení

bezpečnostní součinitel

$$\gamma_Q = 1,5$$

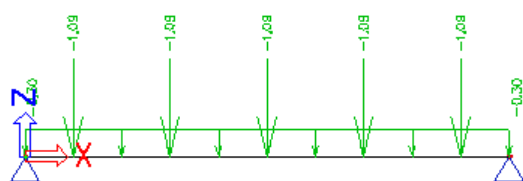
návrhové stálé zatížení

$$F_{q,d} = \gamma_Q \cdot F_{q,k} = 1,5 \cdot 2,33 = 3,49 \text{ kN}$$

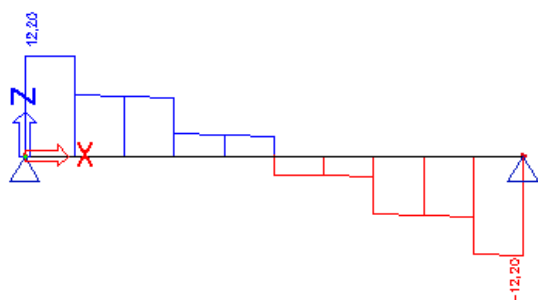
Zatěžovací stavy, vnitřní síly, průhyb

Na příčel působí síly, které jsou reakcemi ze stropnic.

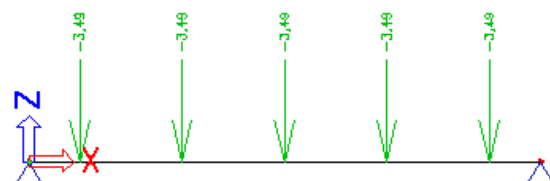
stálé zatížení



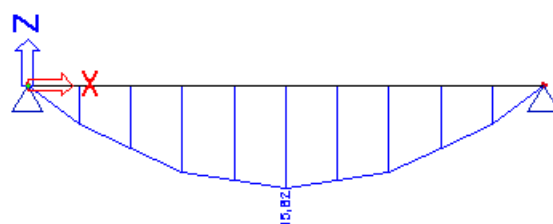
maximální posouvající síly



proměnné zatížení



maximální ohybový moment



okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{EI} + \frac{31}{240} \cdot \frac{F_{g,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,22 \cdot 5^4}{11000 \cdot 2,20 \cdot 10^{-4}} + \frac{397}{6000} \cdot \frac{0,81 \cdot 5^3}{11000 \cdot 2,20 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,G} = 3,50 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{397}{6000} \cdot \frac{F_{q,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{397}{6000} \cdot \frac{2,33 \cdot 5^3}{11000 \cdot 2,20 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,Q} = 7,96 \text{ mm}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

Průřez se posoudí na maximální ohybový moment a na smyk.

Posouzení průřezu na ohyb:

| | |
|------------------------|---|
| maximální moment | $M_{max} = 15,82 \text{ kNm}$ |
| napětí od ohybu | $\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{15,82 \cdot 10^{-3}}{1,57 \cdot 10^{-3}} = 10,09 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$ $10,09 \leq 14,77 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |
| | využití 68% |

Posouzení na smyk:

| | |
|----------------------------|--|
| maximální posouvající síla | $V_{max} = 12,20 \text{ kN}$ |
| součinitel vlivu trhlin | $k_{cr} = 0,67$ |
| efektivní plocha | $A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h = 0,67 \cdot 0,12 \cdot 0,28 = 0,023 \text{ m}^2$ |
| napětí ve smyku | $\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{12,20 \cdot 10^{-3}}{0,023} = 0,81 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$ $0,81 \leq 2,46 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |
| | využití 33% |

Posouzení mezního stavu použitelnosti

| | |
|--|---|
| kategorie proměnných zatížení | kategorie A: obytné plochy |
| součinitel pro proměnné zatížení | $\psi_2 = 0,3$ |
| výsledný okamžitý průhyb | $w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 3,50 + 7,96$ $w_{inst} = 11,46 \text{ mm}$ |
| podmínka spolehlivosti pro okamžitý průhyb | $ w_{inst} \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$ $11,46 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |
| konečný průhyb stálého zatížení | $w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 3,50 \cdot (1 + 0,8)$ $w_{net,fin,G} = 6,30 \text{ mm}$ |
| konečný průhyb proměnného zatížení | $w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$ $w_{net,fin,Q} = 7,96 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) = 9,87 \text{ mm}$ |

| | |
|--|---|
| výsledný konečný průhyb | $w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 6,30 + 9,87$ |
| | $w_{net,fin} = 16,17 \text{ mm}$ |
| podmínka spolehlivosti pro konečný průhyb | $ w_{net,fin} \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$ |
| | $16,17 \leq 20,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Průřez je v mezním stavu únosnosti využit z 68% na ohyb, z 33% na smyk. O rozměrech průřezu rozhodoval mezní stav použitelnosti.

Hlavní nosník na straně fasády

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|--------------------------|---|
| materiál | rostlé dřevo C24 |
| zatížení | stálé |
| třída provozu | 2 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$ $E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,6$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,8$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|------|------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|------|--|
| ohyb | $f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{24 \cdot 0,6}{1,3} = 11,08 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{4 \cdot 0,6}{1,3} = 1,85 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{21 \cdot 0,6}{1,3} = 9,69 \text{ MPa}$ |

Průřezové charakteristiky

| | |
|---------------------|--|
| šířka průřezu | $b = 140 \text{ mm}$ |
| výška průřezu | $h = 300 \text{ mm}$ |
| moment setrvačnosti | $I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,14 \cdot 0,30^3 = 3,15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ |
| průřezový modul | $W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,14 \cdot 0,30^2 = 2,10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ |
| plocha | $A = b \cdot h = 0,14 \cdot 0,30 = 0,042 \text{ m}^2$ |

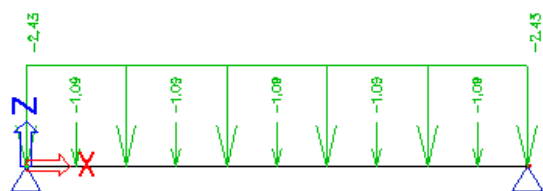
Zatížení

Na hlavní nosník působí síly od nosníků v osové vzdálenosti 1 m. Síly F jsou reakce balkonových nosníků. Hlavní nosník je dále zatížen obvodovým pláštěm.

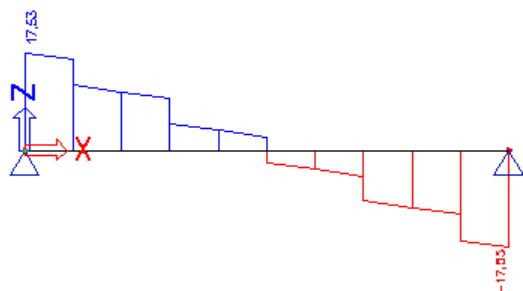
| | |
|---------------------------------------|--|
| charakteristické stálé zatížení | $F_{g,k} = 0,81 \text{ kN}$ |
| vlastní tíha nosníku | $g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,14 \cdot 0,30 \cdot \frac{350}{100} = 0,15 \text{ kNm}^{-1}$ |
| plošná tíha obvodového pláště | $g_p = 0,50 \text{ kNm}^{-2}$ |
| výška panelu obvodového pláště | $h_p = 3 \text{ m}$ |
| vlastní tíha obvodového pláště | $g_{k,p} = g_p \cdot h_p = 0,50 \cdot 3 = 1,5 \text{ kNm}^{-1}$ |
| charakteristické stálé zatížení | $g_k = g_{k,n} + g_{k,p} = 0,15 + 1,5 = 1,65 \text{ kNm}^{-1}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_G = 1,35$ |
| návrhové stálé zatížení | $F_{g,d} = \gamma_G \cdot F_{g,k} = 1,35 \cdot 0,81 = 1,09 \text{ kN}$ |
| návrhové stálé zatížení vlastní tíhou | $g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 1,65 = 2,23 \text{ kNm}^{-1}$ |
| charakteristické proměnné zatížení | $F_{q,k} = 2,33 \text{ kN}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_Q = 1,5$ |
| návrhové stálé zatížení | $F_{q,d} = \gamma_Q \cdot F_{q,k} = 1,5 \cdot 2,33 = 3,49 \text{ kN}$ |

Zatěžovací stavy, vnitřní síly, průhyb

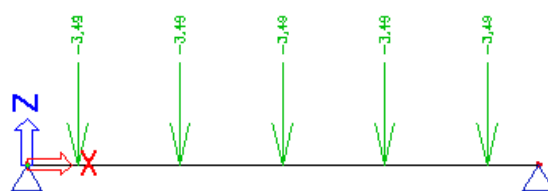
stálé zatížení



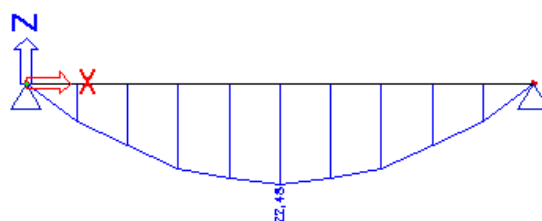
maximální posouvající síly



proměnné zatížení



maximální ohybový moment



okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{EI} + \frac{31}{240} \cdot \frac{F_{g,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,80 \cdot 5^4}{11000 \cdot 3,15 \cdot 10^{-4}} + \frac{397}{6000} \cdot \frac{0,81 \cdot 5^3}{11000 \cdot 3,15 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,G} = 6,15 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{31}{240} \cdot \frac{F_{q,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{397}{6000} \cdot \frac{2,33 \cdot 5^3}{11000 \cdot 3,15 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,Q} = 5,55 \text{ mm}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

Průřez se posoudí na maximální ohybový moment a na smyk.

Posouzení průřezu na ohyb:

maximální moment

$$M_{max} = 22,48 \text{ kNm}$$

napětí od ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{22,48 \cdot 10^{-3}}{2,10 \cdot 10^{-3}} = 10,71 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$
 $10,71 \leq 11,08 \rightarrow VYHOVUJE$
využití 97%

Posouzení na smyk:

maximální posouvající síla $V_{max} = 17,53 \text{ kN}$
součinitel vlivu trhlin $k_{cr} = 0,67$
efektivní plocha $A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h = 0,67 \cdot 0,14 \cdot 0,30 = 0,028 \text{ m}^2$
napětí ve smyku $\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{17,53 \cdot 10^{-3}}{0,028} = 0,93 \text{ MPa}$
podmínka spolehlivosti $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$
 $0,93 \leq 1,85 \rightarrow VYHOVUJE$
využití 51%

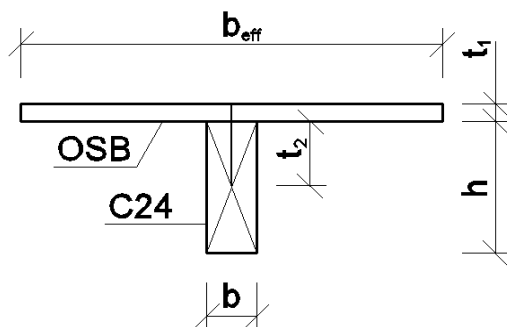
Posouzení mezního stavu použitelnosti

kategorie proměnných zatížení kategorie A: obytné plochy
součinitel pro proměnné zatížení $\psi_2 = 0,3$
výsledný okamžitý průhyb $w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 6,15 + 5,55$
 $w_{inst} = 11,70 \text{ mm}$
podmínka spolehlivosti pro okamžitý průhyb $|w_{inst}| \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$
 $11,70 \leq 16,67 \rightarrow VYHOVUJE$
konečný průhyb stálého zatížení $w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 6,15 \cdot (1 + 0,8)$
 $w_{net,fin,G} = 11,07 \text{ mm}$
konečný průhyb proměnného zatížení $w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$
 $w_{net,fin,Q} = 5,55 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,8) = 6,88 \text{ mm}$
výsledný konečný průhyb $w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 11,07 + 6,88$
 $w_{net,fin} = 17,95 \text{ mm}$
podmínka spolehlivosti pro konečný průhyb $|w_{net,fin}| \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$
 $17,95 \leq 20,00 \rightarrow VYHOVUJE$

Průřez je v mezním stavu únosnosti využit z 97% na ohyb, z 51% na smyk.

12.3 Posouzení nosníku střechy balkonu

Nosník je posouzen jako T profil, dřevo spolupůsobí s OSB deskou. Je uvažována systémová délka nosníku $l = 1,55 \text{ m}$. Posuzovaný průřez je na obrázku 12.2.



Obr. 12.2 – posuzovaný průřez

Charakteristika materiálu a prostředí

| materiál | OSB | C24 |
|---------------------------------------|--|---|
| zatížení | stálé | stálé |
| třída provozu | 2 | 2 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean,1} = 4930 \text{ MPa}$ | $E_{0,mean,2} = 11000 \text{ MPa}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_{m,1} = 1,2$ | $\gamma_{m,2} = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod,1} = 0,3$ | $k_{mod,2} = 0,8$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def,1} = 2,25$ | $k_{def,2} = 0,8$ |
| součinitel pro proměnné zatížení | $\psi_2 = 0$ (kategorie H: střechy) | |
| průměrná hustota | $\rho_{m,1} = 650 \text{ kgm}^{-3}$ | $\rho_{m,2} = 420 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměrná hustota složeného průřezu | $\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1}\rho_{m,2}} = \sqrt{650 \cdot 420} = 522,5 \text{ kgm}^{-3}$ | |
| charakteristická hustota | $\rho_{k,1} = 550 \text{ kgm}^{-3}$ | $\rho_{k,2} = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| modul pružnosti pro výpočet konečného | $E_{mean,fin}^{s,1} = \frac{E_{0,mean,1}}{(1 + k_{def,1})}$ | $E_{mean,fin}^{s,2} = \frac{E_{0,mean,2}}{(1 + k_{def,2})}$ |
| průhybu od stálého zatížení | $E_{mean,fin}^{s,1} = \frac{4930}{(1 + 2,25)}$ $E_{mean,fin}^s = 1517 \text{ MPa}$ | $E_{mean,fin}^{s,2} = \frac{11000}{(1 + 0,8)}$ $E_{mean,fin}^{s,2} = 6111 \text{ MPa}$ |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| modul pružnosti pro | $E_{mean,fin}^{u,1} = \frac{E_{0,mean,1}}{(1 + \psi_2 k_{def,1})}$ | $E_{mean,fin}^{u,2} = \frac{E_{0,mean,2}}{(1 + \psi_2 k_{def,2})}$ |
| výpočet konečného | | |
| průhybu od proměnného | $E_{mean,fin}^{u,1} = \frac{4930}{(1 + 0,3 \cdot 2,25)}$ | $E_{mean,fin}^{u,2} = \frac{4930}{(1 + 0,3 \cdot 0,8)}$ |
| zatížení | $E_{mean,fin}^{u,1} = 2943 \text{ MPa}$ | $E_{mean,fin}^{u,2} = 8871 \text{ MPa}$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | | |
|------|----------------------------------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,1} = 16,4 \text{ MPa}$ | $f_{m,k,2} = 24 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k,1} = 15,4 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,k,2} = 21 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,k,1} = 9,4 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,k,2} = 14 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k,1} = 6,8 \text{ MPa}$ | $f_{v,k,2} = 4 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

$$f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m}$$

| | | |
|------|----------------------------------|----------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k,1} = 4,10 \text{ MPa}$ | $f_{m,k,2} = 11,08 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,d,1} = 3,85 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,d,2} = 9,69 \text{ MPa}$ |
| tah | $f_{t,0,d,1} = 2,35 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,d,2} = 6,46 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d,1} = 1,70 \text{ MPa}$ | $f_{v,d,2} = 1,85 \text{ MPa}$ |

Spojovací prostředky – hřebíky kruhového průřezu, předvrtané

| | |
|----------------------------|---|
| mez pevnosti | $f_u = 600 \text{ MPa}$ |
| průměr | $d = 5 \text{ mm}$ |
| počet hřebíků vedle sebe | 2 |
| rozteč po délce nosníku | $s = 80 \text{ mm}$ |
| délka hřebíku | $l_h = 100 \text{ mm}$ |
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 f_u d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 5^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 11819 \text{ Nmm}^{-1}$ |
| modul prokluzu pro MSP | $k_{ser} = \rho_m^{1,5} \frac{2 \cdot d}{23} = 522,5^{1,5} \frac{2 \cdot 5}{23} = 5193$ |
| modul prokluzu pro MSÚ | $k_u = \frac{2}{3} k_{ser} = \frac{2}{3} 5193 = 3462$ |

Průřezové charakteristiky

osová vzdálenost nosníků $o = 1000 \text{ mm}$

délka nosníků $l = 1550 \text{ mm}$

Parametry pro dřevo

šířka průřezu C24 $b = 60 \text{ mm}$

výška průřezu C24 $h = 160 \text{ mm}$

vnik hřebíku $t_2 = 78 \text{ mm}$

plocha C24 $A_2 = b \cdot h = 60 \cdot 160 = 9600 \text{ mm}^2$

moment setrvačnosti C24 $I_2 = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 160^3 = 2,05 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$

součinitel pro MSP i MSÚ $\gamma_2 = 1$

vzdálenost neutrální osy pro MSP
– pro výpočet okamžitého

průhybu
$$a_2 = \frac{0,28 \cdot 4930 \cdot 8140 \cdot (22 + 160)}{2 \cdot (0,28 \cdot 4930 \cdot 8140 + 1 \cdot 11000 \cdot 9600)}$$

$$a_2 = 8,82 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP
– pro výpočet konečného

průhybu od stálého zatížení
$$a_2 = \frac{0,28 \cdot 1516 \cdot 8140 \cdot (22 + 160)}{2 \cdot (0,28 \cdot 1516 \cdot 8140 + 1 \cdot 6111 \cdot 9600)}$$

$$a_2 = 5,11 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP
– pro výpočet konečného

průhybu od proměnného zatížení
$$a_2 = \frac{0,28 \cdot 2943 \cdot 8140 \cdot (22 + 160)}{2 \cdot (0,28 \cdot 2943 \cdot 8140 + 1 \cdot 8871 \cdot 9600)}$$

$$a_2 = 6,70 \text{ mm}$$

vzdálenost neutrální osy pro
MSÚ
$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (t_1 + h)}{2 \sum_{i=1}^2 \gamma_i E_i A_i}$$

$$a_2 = \frac{0,21 \cdot 4930 \cdot 8140 \cdot (22 + 160)}{2 \cdot (0,21 \cdot 4930 \cdot 8140 + 1 \cdot 11000 \cdot 9600)}$$

$$a_2 = 6,66 \text{ mm}$$

Parametry pro OSB

tloušťka OSB desky $t_1 = 22 \text{ mm}$

výpočet spolupůsobící šířky

$$b_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_{c,eff} + b_2 = 310 + 60 \\ o = 1000 \end{array} \right\} = 370 \text{ mm}$$

$$b_{c,eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2l = 0,2 \cdot 1550 = 310 \\ 30t_1 = 30 \cdot 22 = 660 \end{array} \right\} = 310 \text{ mm}$$

plocha OSB

$$A_1 = b_{eff} \cdot t_1 = 370 \cdot 22 = 81400 \text{ mm}^2$$

moment setrvačnosti OSB

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_1^3 = \frac{1}{12} \cdot 370 \cdot 22^3 = 3,28 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

součinitel pro MSP

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s / (K_{ser} l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 4930 \cdot 8140 \cdot 80 / (5193 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,28$$

součinitel pro MSÚ

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s / (K_u l^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 4930 \cdot 8140 \cdot 80 / (3462 \cdot 5^2)]^{-1}$$

$$\gamma_1 = 0,21$$

vzdálenost neutrální osy pro MSP

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 160}{2} - 8,82 = 82,18 \text{ mm}$$

– pro výpočet okamžitého

průhybu

vzdálenost neutrální osy pro MSP

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 160}{2} - 5,11 = 85,89 \text{ mm}$$

– pro výpočet konečného

průhybu od stálého zatížení

vzdálenost neutrální osy pro MSP

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 160}{2} - 6,70 = 84,30 \text{ mm}$$

– pro výpočet konečného

průhybu od proměnného zatížení

vzdálenost neutrální osy pro

$$a_1 = \frac{t_1 + h}{2} - a_2 = \frac{22 + 160}{2} - 6,66 = 84,34 \text{ mm}$$

MSÚ

Výpočet účinné ohybové tuhosti

ohybová tuhost pro MSP – pro

výpočet okamžitého průhybu

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 8140 + 11000 \cdot 9600 + 0,28 \cdot 4930 \cdot 8140 \cdot 82,18^2 + 1 \cdot 11000 \cdot 9600 \cdot 8,82^2$$

$$(EI)_{ef} = 3,12 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet konečného průhybu od
stálého zatížení

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 1517 \cdot 8140 + 6111 \cdot 9600 + 0,28 \cdot 1517$$

$$\cdot 8140 \cdot 85,89^2 + 1 \cdot 6111 \cdot 9600$$

$$\cdot 5,11^2$$

$$(EI)_{ef} = 1,53 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSP – pro
výpočet konečného průhybu od
proměnného zatížení

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 2943 \cdot 8140 + 8871 \cdot 9600 + 0,28 \cdot 2943$$

$$\cdot 8140 \cdot 84,30^2 + 1 \cdot 8871 \cdot 9600$$

$$\cdot 6,70^2$$

$$(EI)_{ef} = 2,35 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

ohybová tuhost pro MSÚ

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i A_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2)$$

$$(EI)_{ef} = 4930 \cdot 8140 + 11000 \cdot 9600 + 0,21 \cdot 4930$$

$$\cdot 8140 \cdot 84,34^2 + 1 \cdot 11000 \cdot 9600$$

$$\cdot 6,66^2$$

$$(EI)_{ef} = 2,91 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$$

Stálé zatížení

Na stropnici působí zatížení od střechy a podhledu a vlastní tíha stropního nosníku.

plošné stálé zatížení

$$g_{k,s} = 2,03 \text{ kNm}^{-2}$$

vlastní tíha nosníku

$$g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,06 \cdot 0,16 \cdot \frac{350}{100} = 0,03 \text{ kNm}^{-1}$$

osová vzdálenost nosníků

$$s = 1 \text{ m}$$

charakteristické zatížení

$$g_k = s \cdot g_{k,s} + g_{k,n} = 1 \cdot 2,03 + 0,03$$

$$g_k = 2,06 \text{ kNm}^{-1}$$

bezpečnostní součinitel

$$\gamma_G = 1,35$$

návrhové zatížení

$$g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 2,06 = 2,78 \text{ kNm}^{-1}$$

Proměnné zatížení

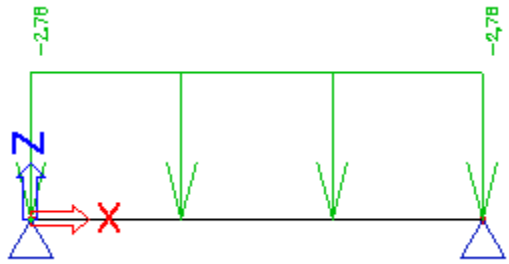
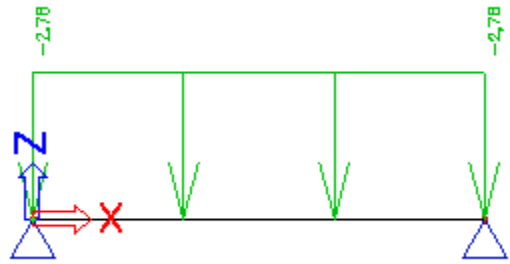
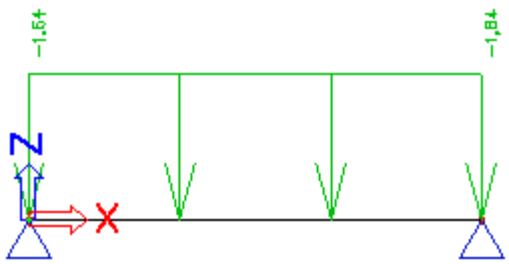
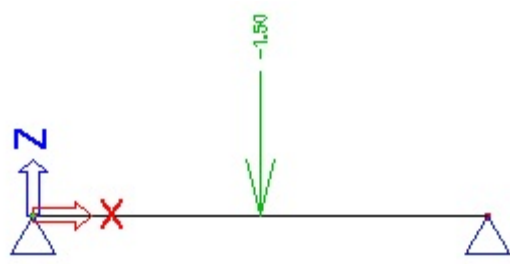
Proměnné zatížení je kombinací zatížení sněhem a větrem. Užité zatížení spojitě se v tomto případě neuplatní, protože je menší než zatížení sněhem.

| | |
|---------------------------------------|--|
| plošné zatížení sněhem | $s_k = 0,84 \text{ kNm}^{-2}$ |
| plošné zatížení větrem (tlak) | $w^{I+-} = 0,424 \text{ kNm}^{-2}$ |
| osová vzdálenost nosníků | $s = 1 \text{ m}$ |
| kombinační součinitel | $\psi_0 = 0,6$ |
| kombinace charakteristického zatížení | $q_k = s \cdot (s_k + \psi_0 \cdot w^{I+-}) = 1 \cdot (0,84 + 0,6 \cdot 0,424)$ $q_k = 1,09 \text{ kNm}^{-1}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_Q = 1,5$ |
| návrhové zatížení | $q_d = \gamma_Q \cdot q_k = 1,5 \cdot 1,09 = 1,64 \text{ kNm}^{-1}$ |

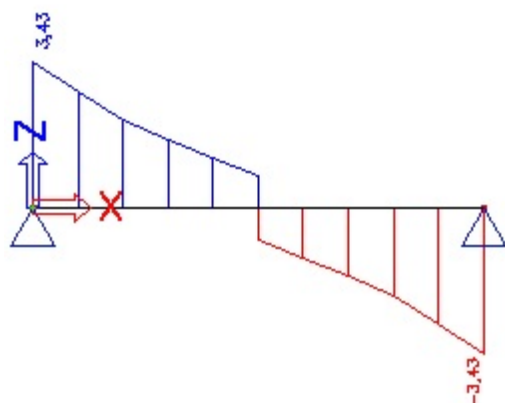
Zatěžovací stavy, vnitřní síly a průhyb

Stropnice je na příčli uložena kloubově. Kombinace zatížení jsou dvě, v první působí na nosník stálé zatížení a spojitě proměnné zatížení, v druhé kombinaci působí stálé zatížení a osaměné břemeno.

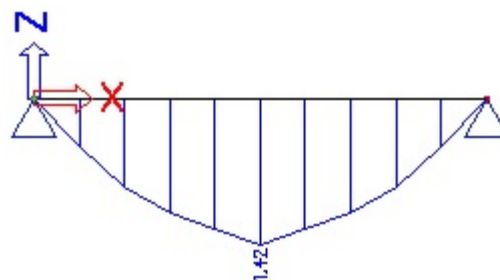
kombinace zatížení:

| C01 | C02 |
|--|---|
| <p>stálé zatížení</p>  | <p>stálé zatížení</p>  |
| <p>proměnné zatížení</p>  | <p>proměnné zatížení</p>  |

obálka maximálních posouvajících sil



obálka maximálních ohybových momentů



Vypočte se normálové napětí v tlaku, smyku a ohybu a deska i trám se posoudí zvlášť.
Pro posouzení smykového napětí se předpokládá, že smyk přeneseme pouze dřevěný trám.

Posouzení průřezu v MSÚ

maximální moment

$$M_{max} = 1,42 \text{ kNm}$$

maximální posouvající síla

$$V_{max} = 3,43 \text{ kN}$$

deska

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_1 E_1 a_1 M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,10 \cdot 4930 \cdot 84,34 \cdot 1,42}{2,91 \cdot 10^{11}} = 0,42 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_1 \leq f_{c,0,d,1}$$

$$0,42 \leq 3,85 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 11%

dřevo

normálové napětí v tlaku

$$\sigma_2 = \frac{\gamma_2 E_2 a_2 M}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 6,66 \cdot 1,42}{2,91 \cdot 10^{11}} = 0,36 \text{ MPa}$$

normálové napětí v ohybu

$$\sigma_{m,2} = \frac{0,5 E_2 h M}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 160 \cdot 1,42}{2,91 \cdot 10^{11}} = 4,30 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_2 + \sigma_{m,2} \leq f_{m,d,2}$$

$$0,36 + 4,30 \leq 14,77$$

$$4,66 \leq 11,08 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 42%

h pro výpočet smyku

$$h = 0,5 h_2 + a_2 = 0,5 \cdot 160 + 6,66 = 86,66 \text{ mm}$$

smykové napětí

$$\tau_{max} = \frac{0,5E_2h^2V}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 11000 \cdot 86,66^2 \cdot 3,43}{2,91 \cdot 10^{11}}$$

$$\tau_{max} = 0,49 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\tau_{max} \leq f_{v,d,2}$$

$$0,49 \leq 1,85 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{využití } 26 \%$$

Posouzení průřezu v MSP

okamžitý průhyb od stálého
zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,06 \cdot 1,55^4}{3,12 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{inst,G} = 0,50 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od
proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,09 \cdot 1,55^4}{3,12 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{inst,Q} = 0,26 \text{ mm}$$

výsledný okamžitý průhyb
podmínka spolehlivosti pro
okamžitý průhyb

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 0,50 + 0,26 = 0,76 \text{ mm}$$

$$|w_{inst}| \leq \frac{l}{300} = \frac{1550}{300}$$

$$0,76 \leq 5,17 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

konečný průhyb stálého
zatížení

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,06 \cdot 1,55^4}{1,53 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{net,fin,G} = 1,01 \text{ mm}$$

konečný průhyb proměnného
zatížení

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k l^4}{(EI)_{ef}}$$

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,09 \cdot 1,55^4}{2,35 \cdot 10^{11}}$$

$$w_{net,fin,Q} = 0,35 \text{ mm}$$

výsledný konečný průhyb

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 1,01 + 0,35$$

$$w_{net,fin} = 1,36 \text{ mm}$$

podmínka spolehlivosti pro
konečný průhyb

$$|w_{net,fin}| \leq \frac{l}{250} = \frac{1550}{250}$$

$$1,36 \leq 6,2 \rightarrow VYHOVUJE$$

Posouzení spřažení - jednostřížný hřebíkový spoj dřevo - deska

podélná smyková síla

$$F = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s V}{(EI)_{ef}} = \frac{1 \cdot 11000 \cdot 9600 \cdot 6,66 \cdot 80 \cdot 3,43}{2,91 \cdot 10^{11}}$$

$$F = 0,66 \text{ kN}$$

pevnost v otláčení OSB

$$f_{h,1,k} = 65 \cdot t_1^{0,1} \cdot d^{-0,7} = 65 \cdot 22^{0,1} \cdot 5^{-0,7}$$

$$f_{h,1,k} = 28,70 \text{ Nmm}^{-2}$$

pevnost v otláčení dřeva C24

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 350 \cdot 5^{-0,3}$$

$$f_{h,2,k} = 17,71 \text{ Nmm}^{-2}$$

poměr pevností v otláčení

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{17,71}{28,70} = 0,62$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{f_{h,2,k} t_2 d} \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3157 \\ 6906 \\ 2479 \\ 1447 \\ 2766 \\ 1850 \end{array} \right\} = 1447 \text{ N} = 1,45 \text{ kN}$$

rozhoduje 4 mód: otláčí se dřevo a zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost dvou

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,3 \cdot 1,45}{1,2} = 0,72 \text{ kN}$$

spojovacích prostředků pro

OSB desku

návrhová únosnost dvou
spojovacích prostředků pro
dřevo C24

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,6 \cdot 1,45}{1,3} = 1,34 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$F \leq \min\{F_{v,Rd}\}$$

$$0,66 \leq 0,72 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

V tabulce 12.2 jsou posouzeny rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců.

Tab. 12.2 - Posouzení vzdáleností a roztečí

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|------------------|--|-----------------------------------|----------|----------------|--------------------|----------|
| a ₁ | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 42,5 | 80 | vyhovuje |
| a ₂ | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 4d | 0 | 20 | 20 | |
| a _{3,t} | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 0 | 80 | 80 | vyhovuje |
| a _{4,t} | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 15 | 20 | vyhovuje |
| a _{4,c} | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 3d | 180 | 15 | 20 | vyhovuje |

OSB deska je využita v tlaku na 11%, dřevěný trám je využit v ohybu na 42% a ve smyku, který přenáší jen žebro, je průřez využit na 26%.

12.4 Posouzení příčlí střechy balkonu

V případě střechy posledního balkonu jsou obě příčle zatíženy stejně, stačí tedy jeden posudek. Příčel na straně fasády bude z konstrukčních důvodů široká 140 mm a vzhledem k tomu, že na této straně jsou nosníky uloženy na příčli shora, posoudí se tato příčel ještě na otláčení.

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|-----------------|---|
| materiál | rostlé dřevo C24 |
| zatížení | stálé |
| třída provozu | 2 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$ $E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$ |

| | |
|--------------------------|---------------------------------|
| charakteristická hustota | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,6$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 0,8$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$ |
| tlak rovnoběžně s vlákny | $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ |
| tlak kolmo na vlákna | $f_{c,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|--------------------------|---|
| ohyb | $f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{24 \cdot 0,6}{1,3} = 11,08 \text{ MPa}$ |
| smyk | $f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{4 \cdot 0,6}{1,3} = 1,85 \text{ MPa}$ |
| tlak rovnoběžně s vlákny | $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{21 \cdot 0,6}{1,3} = 9,69 \text{ MPa}$ |
| tlak kolmo na vlákna | $f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{0,4 \cdot 0,6}{1,3} = 1,15 \text{ MPa}$ |

Průřezové charakteristiky

| | |
|---------------------|--|
| šířka průřezu | $b = 100 \text{ mm}$ |
| výška průřezu | $h = 280 \text{ mm}$ |
| moment setrvačnosti | $I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,10 \cdot 0,28^3 = 1,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ |
| průřezový modul | $W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,10 \cdot 0,28^2 = 1,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ |
| plocha | $A = b \cdot h = 0,10 \cdot 0,28 = 0,028 \text{ m}^2$ |

Zatížení

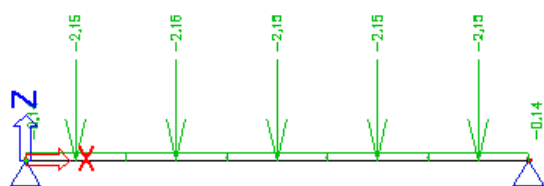
Na příčel působí síly od nosníků v osově vzdálenosti 1 m. Síly F jsou reakce nosníků.

| | |
|---------------------------------------|--|
| charakteristické stálé zatížení | $F_{g,k} = 1,60 \text{ kN}$ |
| vlastní tíha nosníku | $g_{k,n} = b \cdot h \cdot \rho_k = 0,10 \cdot 0,28 \cdot \frac{350}{100} = 0,10 \text{ kNm}^{-1}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_G = 1,35$ |
| návrhové stálé zatížení | $F_{g,d} = \gamma_G \cdot F_{g,k} = 1,35 \cdot 1,60 = 2,15 \text{ kN}$ |
| návrhové stálé zatížení vlastní tíhou | $g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 0,10 = 0,14 \text{ kNm}^{-1}$ |
| charakteristické proměnné zatížení | $F_{q,k} = 0,85 \text{ kN}$ |
| bezpečnostní součinitel | $\gamma_Q = 1,5$ |
| návrhové stálé zatížení | $F_{q,d} = \gamma_Q \cdot F_{q,k} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,27 \text{ kN}$ |

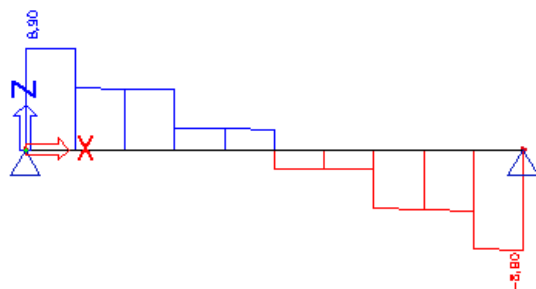
Zatěžovací stavy, vnitřní síly, průhyb

Na příčel působí síly, které jsou reakcemi ze stropnic.

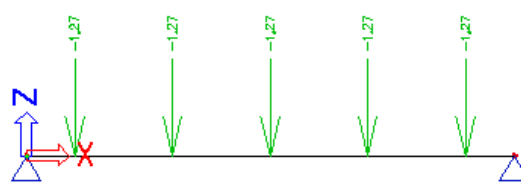
stálé zatížení



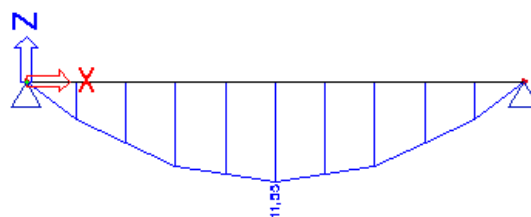
maximální posouvající síly



proměnné zatížení



maximální ohybový moment



okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k l^4}{EI} + \frac{31}{240} \cdot \frac{F_{g,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,10 \cdot 5^4}{11000 \cdot 1,83 \cdot 10^{-4}} + \frac{397}{6000} \cdot \frac{1,60 \cdot 5^3}{11000 \cdot 1,83 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,G} = 6,96 \text{ mm}$$

okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{inst,Q} = \frac{397}{6000} \cdot \frac{F_{q,k} l^3}{EI}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{397}{6000} \cdot \frac{0,85 \cdot 5^3}{11000 \cdot 1,83 \cdot 10^{-4}}$$

$$w_{inst,Q} = 3,49 \text{ mm}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

Průřez se posoudí na maximální ohybový moment a na smyk.

Posouzení průřezu na ohyb:

| | |
|------------------------|--|
| maximální moment | $M_{max} = 11,55 \text{ kNm}$ |
| napětí od ohybu | $\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{11,55 \cdot 10^{-3}}{1,31 \cdot 10^{-3}} = 8,84 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$ |
| | $8,84 \leq 11,07 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |
| | využití 80% |

Posouzení na smyk:

| | |
|----------------------------|---|
| maximální posouvající síla | $V_{max} = 8,90 \text{ kN}$ |
| součinitel vlivu trhlin | $k_{cr} = 0,67$ |
| efektivní plocha | $A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h = 0,67 \cdot 0,10 \cdot 0,28 = 0,019 \text{ m}^2$ |
| napětí ve smyku | $\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,90 \cdot 10^{-3}}{0,019} = 0,71 \text{ MPa}$ |
| podmínka spolehlivosti | $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$ |
| | $0,71 \leq 1,85 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |
| | využití 39% |

Posouzení na otláčení:

| | |
|----------------------------|---|
| maximální posouvající síla | $V_{max} = 8,90 \text{ kN}$ |
| součinitel zohledňující | $k_{c,90} = 1,50$ |
| uspořádání zatížení | |
| šířka nosníku | $b = 60 \text{ mm}$ |
| délka uložení | $h = 140 \text{ mm}$ |
| efektivní plocha | $A = b \cdot h = 0,60 \cdot 0,14 = 0,008 \text{ m}^2$ |

napětí ve smyku

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V}{A} = \frac{8,90 \cdot 10^{-3}}{0,008} = 1,06 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

$$1,06 \leq 1,50 \cdot 1,15$$

$$1,06 \leq 1,73 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 61%

Posouzení mezního stavu použitelnosti

kategorie proměnných zatížení kategorie H: střechy

součinitel pro proměnné zatížení $\psi_2 = 0,3$

výsledný okamžitý průhyb $w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} = 6,96 + 3,49$

$$w_{inst} = 10,45 \text{ mm}$$

podmínka spolehlivosti pro

okamžitý průhyb

$$|w_{inst}| \leq \frac{l}{300} = \frac{5000}{300}$$

$$10,45 \leq 16,67 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

konečný průhyb stálého zatížení

$$w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 6,96 \cdot (1 + 0,8)$$

$$w_{net,fin,G} = 12,53 \text{ mm}$$

konečný průhyb proměnného
zatížení

$$w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

$$w_{net,fin,Q} = 3,49 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) = 3,49 \text{ mm}$$

výsledný konečný průhyb

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 12,53 + 3,49$$

$$w_{net,fin} = 16,02 \text{ mm}$$

podmínka spolehlivosti pro

konečný průhyb

$$|w_{net,fin}| \leq \frac{l}{250} = \frac{5000}{250}$$

$$16,02 \leq 20,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Průřez je v mezním stavu únosnosti využit z 80% na ohyb, z 39% na smyk.

12.5 Sloup balkonu

Sloup balkonu bude z jednoho kusu a bude probíhat přes všechna podlaží. Sloup je namáhán tlakem a jednoosým ohybem, který vznikne z excentrického připojení příčlíp, sloup bude proto nesymetrický a jeho delší strana bude rovnoběžná s příčlíp.

Charakteristika materiálu a prostředí

| | |
|--------------------------|---|
| materiál | rostlé dřevo třídy C24 |
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 3 |
| modul pružnosti | $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$ $E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$ |
| charakteristická hustota | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,65$ |
| součinitel dotvarování | $k_{def} = 2$ |

Charakteristické pevnosti materiálu

| | |
|------|------------------------------|
| ohyb | $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$ |

Návrhové pevnosti materiálu

| | |
|------|--|
| ohyb | $f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{24 \cdot 0,65}{1,3} = 12,00 \text{ MPa}$ |
| tlak | $f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{21 \cdot 0,65}{1,3} = 10,50 \text{ MPa}$ |

Průřezové charakteristiky sloupu

| | |
|----------------------|--|
| šířka průřezu | $b = 140 \text{ mm}$ |
| výška průřezu | $h = 240 \text{ mm}$ |
| vzpěrná délka | $L_{cr} = 3 \text{ m}$ |
| moment setrvačnosti | $I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,14 \cdot 0,24^3 = 1,61 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ |
| průřezový modul | $W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,14 \cdot 0,24^2 = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$ |
| plocha | $A = b \cdot h = 0,14 \cdot 0,24 = 0,034 \text{ m}^2$ |
| poloměr setrvačnosti | $i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1,61 \cdot 10^{-4}}{0,034}} = 0,069 \text{ m}$ |
| štíhlostní poměr | $\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3}{0,069} = 43,30$ |

poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{43,30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 0,73$$

součinitel přímosti

$$\beta_c = 0,2$$

součinitel vzpěrnosti

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,73 - 0,3) + 0,73^2] = 0,81$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{0,81 + \sqrt{0,81^2 - 0,73^2}} = 0,86$$

Zatížení

Zatížení je tvořeno vlastní tíhou, reakcemi z příčlí balkonu a momenty od excentrického připojení příčlí ke sloupům, excentricita je polovina výšky průřezu.

součinitel bezpečnosti

$$\gamma_G = 1,35$$

vlastní tíha sloupu

$$f = \gamma_G \cdot b \cdot h \cdot \frac{\rho_k}{100} = 1,35 \cdot 0,14 \cdot 0,24 \cdot \frac{350}{100}$$

$$f = 0,16 \text{ kNm}^{-1}$$

reakce od příčle balkonu

$$F_b = 12,2 \text{ kN}$$

reakce od příčle střechy balkonu

$$F_s = 8,9 \text{ kN}$$

excentricita připojení příčlí

$$e = \frac{h}{2} = \frac{0,24}{2} = 0,12 \text{ m}$$

moment od příčle balkonu

$$M_b = e \cdot F_b = 0,12 \cdot 12,2 = 1,46 \text{ kNm}$$

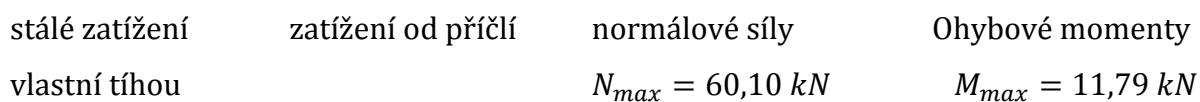
moment od příčle střechy

$$M_s = e \cdot F_s = 0,12 \cdot 8,9 = 1,07 \text{ kNm}$$

balkonu

Statické schéma a vnitřní síly

Statické schéma, zatěžovací stavy výsledky vnitřních sil jsou na obrázku 12.3.



Maximální tlaková síla vznikne současně s maximálním ohybovým momentem.

Posouzení průřezu na kombinaci tlaku a jednoosého ohybu:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{max}}{A} = \frac{60,10 \cdot 10^{-3}}{0,034} = 1,79 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{11,79 \cdot 10^{-3}}{1,34 \cdot 10^{-3}} = 8,77 \text{ MPa}$$

Podmínky spolehlivosti

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_c} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$
$$\frac{1,79}{10,50 \cdot 0,86} + \frac{8,77}{12,00} \leq 1$$
$$0,93 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

využití 93%

12.6 Připojení nosníku na příčel

Nosníky budou napojeny na příčel přes ocelový třmen BV/T firmy Bova. Otvory ve dřevu budou předvrtány, průměr předvrtaných otvorů bude o 1 mm menší, než je průměr hřebíku, tedy 3 mm.

Spoj je posouzen jako jednostřížný ocel – dřevo na maximální reakci od nosníku. Reakce nosníku střechy balkonu je menší.

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|--------------------------------|--|
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 2 |
| materiál spojovaného dřeva | rostlé dřevo C24 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,8$ |
| třída pevnosti plechu | S275 |
| pevnostní třída hřebíků | 3.6 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 3 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 275 \text{ MPa}$ |
| pevnost hřebíku | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr hřebíku | $d = 4 \text{ mm}$ |
| délka hřebíku | $l = 60 \text{ mm}$ |
| vník hřebíku do dřeva | $t_1 = l - t_2 = 60 - 3 = 57 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 5 \text{ mm}$ |

klasifikace desky

tenká deska:

$$t_2 \leq 0,5 \cdot d \rightarrow 3 \leq 0,5 \cdot 4 \rightarrow 3 \leq 2 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$$

tlustá deska:

$$t_2 \geq d \rightarrow 3 \geq 4 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$$

Pro desky mezi tenkou a tlustou umožňuje norma interpolovat mezi limitními hodnotami pro tenkou a tlustou desku. V tomto výpočtu budeme brát nejmenší limitní hodnotu na stranu bezpečnou.

počet hřebíků v řadě

$$n = 4$$

počet řad

$$8$$

součinitel pro určení efektivního
počtu hřebíků

$$k_{ef} = 0,57$$

účinný počet hřebíků

$$n_{ef} = 8 \cdot n^{k_{ef}} = 8 \cdot 4^{0,57} = 17,55$$

síla ve spoji

$$R = 4,58 \text{ kN}$$

úhel zatížení vláken dřeva

$$\alpha = 90^\circ$$

Výpočet únosnosti spoje

plastický moment únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 4^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 3308 \text{ Nmm}$$

pevnost v otlačení rovnoběžně
s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 4) \cdot 350$$

$$f_{h,0,k} = 27,55 \text{ Nmm}^{-2}$$

součinitel

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 4 = 1,36$$

pevnost v otlačení po úhlem α

$$f_{h,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{h,k} = \frac{32,275}{1,36 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 20,26 \text{ Nmm}^{-2}$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku pro tenkou desku:

$$F_{v,Rk}^{tenká} = \min \left\{ \frac{0,4 f_{h,k} t_1 d}{1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d}} \right\} = \min \left\{ \frac{18,48}{842} \right\} = 842 \text{ N}$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku pro tlustou desku:

$$F_{v,Rk}^{tlustá} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} \\ f_{h,k} t_1 d \end{array} \right\} \min = \begin{Bmatrix} 1995 \\ 1191 \\ 4619 \end{Bmatrix} = 1191 \text{ N}$$

charakteristická únosnost
spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} F_{v,Rk}^{tenká} \\ F_{v,Rk}^{tlustá} \end{array} \right\} = \min \{ 842 \} = 842 \text{ N}$$

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 17,55 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,842}{1,3}$$

$$F_{v,Rd} = 9,09 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$4,58 \leq 9,09 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

12.7 Spoj příčle se sloupem

Příčel se napojí na sloup přes ocelovou desku. Čelní deska bude ke sloupu připevněna vruty a bude zapuštěna do sloupu na celou její tloušťku. Příčel se připojí na konzolu čelní desky svorníky, tak že ocelový plech bude v příčli.

Posouzení vrutů

Spoj je posouzen jako jednostřížný ocel – dřevo. Jako spojovací prostředky jsou použity vruty o průměru 8 mm. Vrutů jsou zatíženy reakcí z příčle. Vrutů se budou navrhovat na reakci z balkonové příčle, reakce z příčle střechy balkonu je menší.

Reakce v příčli

$$R = 12,2 \text{ kN}$$

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------------|------------------|
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 3 |
| materiál spojovaného dřeva | rostlé dřevo C24 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |

| | |
|---------------------------------------|--|
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,65$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída vrutů | 3.6 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 102 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| pevnost vrutu | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr vrutu | $d = 8 \text{ mm}$ |
| efektivní průměr vrutu | $d_{ef} = 1,1 \cdot d = 1,1 \cdot 8 = 8,8 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 10 \text{ mm}$ |
| počet vrutů v řadě | $n = 4$ |
| počet řad | 2 |
| rozteč ve směru vláken | $a_1 = 40 \text{ mm}$ |
| efektivní počet svorníků v jedné řadě | $n_{ef}^1 = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} = 4^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{40}{13 \cdot 8}} = 2,68 \right\}$ $n = 4$ |
| | $n_{ef}^1 = 22,68$ |
| počet svorníků celkem | $n_{ef} = 2 \cdot n_{ef}^1 = 2 \cdot 2,68 = 5,36$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |
| klasifikace desky | tenká deska: $t_2 \leq 0,5 \cdot d \rightarrow 8 \leq 0,5 \cdot 8 \rightarrow 8 \leq 4 \rightarrow \text{NEPLATÍ}$ tlustá deska: $t_2 \geq d \rightarrow 8 \geq 8 \rightarrow \text{PLATÍ}$ Výpočet se provede pro tlustou desku |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|--|--|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 8,8^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 25698 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny | $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d_{ef}) \cdot \rho_k$ $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8,8) \cdot 350$ $f_{h,k} = 26,17 \text{ Nmm}^{-2}$ |

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku pro tlustou desku:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{\frac{M_{y,Rk} f_{h,k} d}{f_{h,k} t_1 d}} \end{array} \right\} \min = \left\{ \begin{array}{l} 23494 \\ 10086 \\ 5596 \end{array} \right\} = 5596 \text{ N} = 5,6 \text{ kN}$$

rozhoduje mód 3: otláčí se dřevo

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 5,36 \cdot \frac{0,65 \cdot 5,6}{1,3}$$

$$F_{v,Rd} = 14,98 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$12,20 \leq 14,98 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

$$a_1 = 40 \text{ mm}$$

$$a_2 = 40 \text{ mm}$$

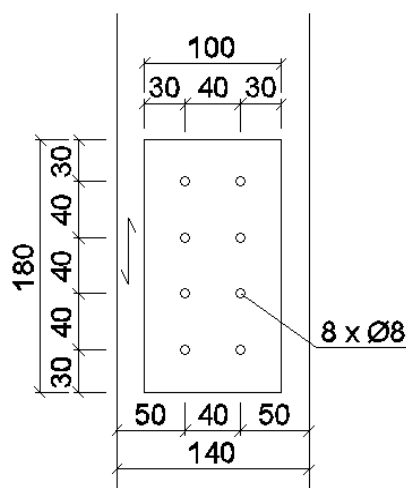
$$a_{4,t} = 50 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 50 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce

12.3 a na obrázku 12.4 je schéma

spoje.



Obr. 12.4 – Rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců

Tab. 12.3 – Posouzení roztečí a vzdáleností

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha) d$ | 0 | 40 | 40 | vyhovuje |
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $4d$ | 0 | 32 | 40 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$ | 180 | 24 | 50 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 24 | 50 | vyhovuje |

Posouzení svorníků v příčli

Spoj je posouzen jako dvojstřížný ocel – dřevo, kdy ocelová deska je střední prvek. Jako spojovací prostředky jsou použity svorníky M12

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| zatížení | střednědobé |
| třída provozu | 3 |
| materiál spojovaného dřeva | rostlé dřevo C24 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,3$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,65$ |
| třída pevnosti plechu | S355 |
| pevnostní třída svorníků | 3.6 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 56 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 355 \text{ MPa}$ |
| pevnost svorníku | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr svorníku | $d = 12 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 350 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 14 \text{ mm}$ |
| počet svorníků | $n = 2$ |
| síla ve spoji | $R = 12,2 \text{ kN}$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 90^\circ$ |

Výpočet únosnosti spoje

| | |
|--|--|
| plastický moment únosnosti | $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 18^{2,6}$ $M_{y,Rk} = 165178 \text{ Nmm}$ |
| pevnost v otlačení rovnoběžně s vlákny | $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 18) \cdot 350$ $f_{h,0,k} = 27,57 \text{ Nmm}^{-2}$ |
| součinitel | $k_{90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 8 = 1,48$ |
| pevnost v otlačení po úhlem α | $f_{h,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ |

$$f_{h,k} = \frac{27,57}{1,48 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 17,07 \text{ Nmm}^{-2}$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \\ \frac{f_{h,k} t_1 d}{2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d}} \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \end{array} \right\} \min = \left\{ \begin{array}{l} 11468 \\ 6144 \\ 7896 \end{array} \right\} = 6144 \text{ N} = 6,14 \text{ kN}$$

rozhoduje mód 2: otláčí se dřevo a zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost spoje

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot n \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 2 \cdot 2 \cdot \frac{0,65 \cdot 6,14}{1,3}$$

$$F_{v,Rd} = 12,29 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$R \leq F_{v,Rd}$$

$$12,20 \leq 12,29 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

$$a_2 = 60 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = 90 \text{ mm}$$

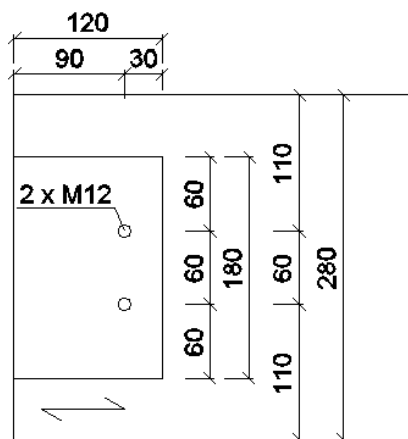
$$a_{4,t} = 110 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 110 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce

12.4 a na obrázku 12.5 je schéma

spoje.



Obr. 12.5 – Rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců

Tab. 12.4 – Posouzení roztečí a vzdáleností

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|------------------------------|----------|-------------|-----------------|----------|
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 4d | 90 | 48 | 60 | vyhovuje |
| $a_{3,t}$ | $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $\max(7d; 80)$ | 90 | 84 | 90 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2+2\sin\alpha)d; 3d]$ | 90 | 48 | 110 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | 3d | 270 | 36 | 110 | vyhovuje |

13. Založení

Dle mapových podkladů České geologické služby se v oblasti nachází sprašová hlína [24]. Pro objekt jsem vytvořila dvě varianty založení. V první variantě je posouzeno založení na patkách a v druhé založení na základových pásech, které by probíhaly v příčném směru budovy. Základy byly posouzeny dle normy ČSN 73 1001 [13].

13.1 Posouzení základové patky

Návrh základu

| | |
|---------|--|
| šířka | $A = 1,7 \text{ m}$ |
| délka | $B = 1,7 \text{ m}$ |
| hloubka | $H = 1,2 \text{ m}$ |
| objem | $V_{patka} = A \cdot B \cdot H = 1,7 \cdot 1,7 \cdot 1,2 = 3,47 \text{ m}^3$ |

Zatížení základu

| | |
|----------------------------|---|
| maximální tlaková síla | $N_{max} = 950,66 \text{ kN}$ |
| maximální posouvající síla | $V_{max} = 84,65 \text{ kN}$ |
| objemová tíha betonu | $\gamma_{beton} = 25 \text{ kNm}^{-3}$ |
| součinitel bezpečnosti | $\gamma_G = 1,35$ |
| vlastní tíha základu | $N_{základ} = V_{patka} \cdot \gamma_{beton} \cdot \gamma_G = 3,47 \cdot 25 \cdot 1,35$ $N_{základ} = 117,05 \text{ kN}$ |
| výsledné zatížení základu | $N = N_{max} + N_{základ} = 950,66 + 117,05 = 1068 \text{ kN}$ |
| excentricita zatížení | $e = \frac{V_{max} \cdot H}{N} = \frac{84,65 \cdot 1,2}{1068} = 0,095 \text{ m}$ |
| efektivní plocha patky | $A_{ef} = (B - 2 \cdot e) \cdot A = (1,7 - 2 \cdot 0,095) \cdot 1,7$ $A_{ef} = 2,57 \text{ m}^3$ |
| napětí | $\sigma_{Ed} = \frac{N}{A_{ef}} = \frac{1068}{2,57} = 416,01 \text{ kPa}$ |

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------|----------------------|
| úhel vnitřního tření | $\varphi = 21^\circ$ |
|----------------------|----------------------|

objemová tíha

$$\gamma_1 = \gamma_2 = 21 \text{ kNm}^{-3}$$

soudržnost

$$c = 30 \text{ kPa}$$

součinitele spolehlivosti

pro úhel vnitřního tření

$$\gamma_{m\varphi} = \frac{\varphi}{\varphi - 4} = \frac{21}{21 - 4} = 1,24$$

pro soudržnost

$$\gamma_{mc} = 2$$

výpočtové hodnoty

úhel vnitřního tření

$$\varphi_d = \frac{\varphi}{\gamma_{m\varphi}} = \frac{21}{1,24} = 17^\circ$$

soudržnost

$$c_d = \frac{c}{\gamma_{mc}} = \frac{30}{2} = 15 \text{ kNm}^{-3}$$

součinitele únosnosti

$$N_d = tg^2 \left(45 + \frac{\varphi_d}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg \varphi_d} = tg^2 \left(45 + \frac{17}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg 17} = 4,77$$

$$N_b = 1,5 \cdot (N_d - 1) \cdot tg \varphi_d = 1,5 \cdot (4,77 - 1) \cdot tg 17 = 1,73$$

$$N_c = (N_d - 1) \cdot \frac{1}{tg \varphi_d} = (4,77 - 1) \cdot \frac{1}{tg 17} = 12,34$$

součinitele tvaru základu

$$s_d = 1 + \frac{B}{A} \cdot \sin \varphi_d = 1 + \frac{1,7}{1,7} \cdot \sin 17 = 1,29$$

$$s_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{B}{A} = 1 - 0,3 \cdot \frac{1,7}{1,7} = 0,70$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{A} = 1 + 0,2 \cdot \frac{1,7}{1,7} = 1,20$$

součinitel hloubky založení

$$d_d = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{H}{B} \cdot \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{1,2}{1,7} \cdot \sin 2\varphi_d} = 1,06$$

$$d_b = 1,00$$

$$d_c = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{H}{B}} = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{1,2}{1,7}} = 1,08$$

součinitel šikmosti zatížení při odklonu výslednice sil $\delta = 0^\circ$

$$i_d = i_b = i_c = (1 - \operatorname{tg} \delta)^2 = (1 - \operatorname{tg} 0)^2 = 1$$

únosnost základové půdy

$$R_d = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot H \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b$$

$$R_d = 15 \cdot 12,34 \cdot 1,2 \cdot 1,08 \cdot 1 + 21 \cdot 1,2 \cdot 4,77 \cdot 1,29 \cdot 1,06 \cdot 1 + 21 \cdot \frac{1,7}{2} \cdot 1,73 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1$$

$$R_d = 427,54 \text{ kPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{Ed} \leq R_d$$

$$416,01 \leq 427,54 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

13.2 Posouzení základového pásu

Návrh základového pásu

| | |
|---------|--|
| délka | $L = 17 \text{ m}$ |
| šířka | $B = 0,8 \text{ m}$ |
| hloubka | $H = 1,2 \text{ m}$ |
| objem | $V_{pás} = L \cdot B \cdot H = 17 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 16,32 \text{ m}^3$ |

Zatížení základu

| | |
|----------------------------|--|
| maximální tlaková síla | $N_{max} = 950,66 \text{ kN}$ |
| maximální posouvající síla | $V_{max} = 84,65 \text{ kN}$ |
| objemová tíha betonu | $\gamma_{beton} = 25 \text{ kNm}^{-3}$ |
| součinitel bezpečnosti | $\gamma_G = 1,35$ |
| vlastní tíha základu | $N_{základ} = V_{pás} \cdot \gamma_{beton} \cdot \gamma_G = 16,32 \cdot 25 \cdot 1,35$ |
| | $N_{základ} = 550,8 \text{ kN}$ |

| | |
|---|---|
| výsledné zatížení základového pásu se čtyřmi sloupy | $N = 4 \cdot N_{max} + N_{základ} = 4 \cdot 950,66 + 550,8$ |
| excentricita zatížení | $N = 4353 \text{ kN}$ |
| efektivní plocha patky | $e = \frac{V_{max} \cdot H}{N} = \frac{4 \cdot 84,65 \cdot 1,2}{4353} = 0,093 \text{ m}$ |
| napětí | $A_{ef} = (L - 2 \cdot e) \cdot B = (17 - 2 \cdot 0,093) \cdot 1,7$ $A_{ef} = 13,45 \text{ m}^3$ |
| | $\sigma_{Ed} = \frac{N}{A_{ef}} = \frac{4353}{13,45} = 323,66 \text{ kPa}$ |

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|----------------------|---|
| úhel vnitřního tření | $\varphi = 21^\circ$ |
| objemová tíha | $\gamma_1 = \gamma_2 = 21 \text{ kNm}^{-3}$ |
| soudržnost | $c = 30 \text{ kPa}$ |

součinitele spolehlivosti

| | |
|--------------------------|--|
| pro úhel vnitřního tření | $\gamma_{m\varphi} = \frac{\varphi}{\varphi - 4} = \frac{21}{21 - 4} = 1,24$ |
| pro soudržnost | $\gamma_{mc} = 2$ |

výpočtové hodnoty

| | |
|----------------------|--|
| úhel vnitřního tření | $\varphi_d = \frac{\varphi}{\gamma_{m\varphi}} = \frac{21}{1,24} = 17^\circ$ |
| soudržnost | $c_d = \frac{c}{\gamma_{mc}} = \frac{30}{2} = 15 \text{ kNm}^{-3}$ |

součinitele únosnosti

$$N_d = tg^2 \left(45 + \frac{\varphi_d}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg \varphi_d} = tg^2 \left(45 + \frac{17}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg 17} = 4,77$$

$$N_b = 1,5 \cdot (N_d - 1) \cdot tg \varphi_d = 1,5 \cdot (4,77 - 1) \cdot tg 17 = 1,73$$

$$N_c = (N_d - 1) \cdot \frac{1}{tg \varphi_d} = (4,77 - 1) \cdot \frac{1}{tg 17} = 12,34$$

součinitele tvaru základu

$$s_d = 1 + \frac{B}{L} \cdot \sin \varphi_d = 1 + \frac{0,8}{1,7} \cdot \sin 17 = 1,01$$

$$s_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{B}{L} = 1 - 0,3 \cdot \frac{0,8}{17} = 0,99$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L} = 1 + 0,2 \cdot \frac{0,8}{17} = 1,01$$

součinitel hloubky založení

$$d_d = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{H}{B} \cdot \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{1,2}{0,8} \cdot \sin 2\varphi_d} = 1,09$$

$$d_b = 1,00$$

$$d_c = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{H}{B}} = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{1,2}{0,8}} = 1,12$$

součinitel šikmosti zatížení při odklonu výslednice sil $\delta = 0^\circ$

$$i_d = i_b = i_c = (1 - \operatorname{tg} \delta)^2 = (1 - \operatorname{tg} 0)^2 = 1$$

únosnost základové půdy

$$R_d = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot H \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b$$

$$R_d = 15 \cdot 12,34 \cdot 1,0 \cdot 1,12 \cdot 1 + 21 \cdot 1,2 \cdot 4,77 \cdot 1,0 \cdot 1,09 \cdot 1 + 21 \cdot \frac{0,8}{2} \cdot 1,73 \cdot 0,99 \cdot 1 \cdot 1$$

$$R_d = 357,10 \text{ kPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{Ed} \leq R_d$$

$$323,66 \leq 357,10 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

13.3 Srovnání variant základové patky a základového pásu

Pro volbu základů je rozhodující spotřeba betonu pro jednotlivé varianty. Z ekonomického hlediska vychází lépe základové patky, pro jejichž výrobu bude třeba menší množství betonu. Srovnání kubatury betonu pro jednotlivé varianty je v tabulce 13.1.

Tab. 13.1 – Srovnání spotřeby betonu na základy

| Spotřeba betonu pro čtyři základové patky v příčném směru | Spotřeba betonu pro jeden základový pás v příčném směru |
|--|---|
| $V = 4 \cdot V_{patka} = 4 \cdot 3,47 = 13,87 \text{ m}^3$ | $V = V_{pás} = 3,47 = 16,32 \text{ m}^3$ |
| $13,87 < 16,32$ Spotřeba betonu pro založení jedné řady sloupů v příčném směru je u patek o 15% menší. Úspora betonu pro založení celého objektu by byla $14,7 \text{ m}^3$. | |

13.4 Posouzení patního plechu a kotevních šroubů

Byl navržen patní plech o rozměrech 0,6 x 0,6 m tloušťky 14 mm. Kotvení bude provedeno kotevními šrouby M20. Vodorovná posouvající síla se přenesе třením.

Posouzení patního plechu

| | |
|---|---|
| maximální tlaková síla | $N_{max,tlak} = 950,66 \text{ kN}$ |
| šířka základové patky | $A = 1,7 \text{ m}$ |
| délka základové patky | $B = 1,7 \text{ m}$ |
| hloubka základové patky | $H = 1,3 \text{ m}$ |
| šířka patního plechu | $a = 600 \text{ mm}$ |
| délka patního plechu | $b = 600 \text{ mm}$ |
| mez kluzu plechu | $f_y = 235 \text{ MPa}$ |
| tloušťka patního plechu | $t_p = 24 \text{ mm}$ |
| výška podlití | $h_p = 65 \text{ mm}$ |
| Ověření výšky podlití | $0,2 \cdot \min \left\{ \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} \right\} > h_p > 0,1 \cdot \min \left\{ \begin{matrix} a \\ b \end{matrix} \right\}$ $0,2 \cdot \min \left\{ \begin{matrix} 600 \\ 600 \end{matrix} \right\} > h_p > 0,1 \cdot \min \left\{ \begin{matrix} 600 \\ 600 \end{matrix} \right\}$ $120 > 65 > 60 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |
| třída betonu | C25/30 |
| charakteristická pevnost betonu v tlaku | $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ |
| součinitel bezpečnosti pro beton | $\gamma_c = 1,5$ |

součinitel bezpečnosti pro ocel $\gamma_{M0} = 1$

návrhová pevnost betonu v tlaku $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$

součinitel vlivu podlití $\beta = \frac{2}{3}$

započitatelné rozměry patky

$$a_1 = \min(A; 5 \cdot a; a + H; 5 \cdot b)$$
$$a_1 = \min(1700; 5 \cdot 600; 600 + 1200; 5 \cdot 600)$$
$$a_1 = \min(1700; 3000; 1800; 3000) = 1700 \text{ mm}$$
$$b_1 = \min(B; 5 \cdot b; b + H; 5 \cdot a)$$
$$b_1 = \min(1700; 5 \cdot 600; 600 + 1200; 5 \cdot 600)$$
$$b_1 = \min(1700; 3000; 1800; 3000) = 1700 \text{ mm}$$

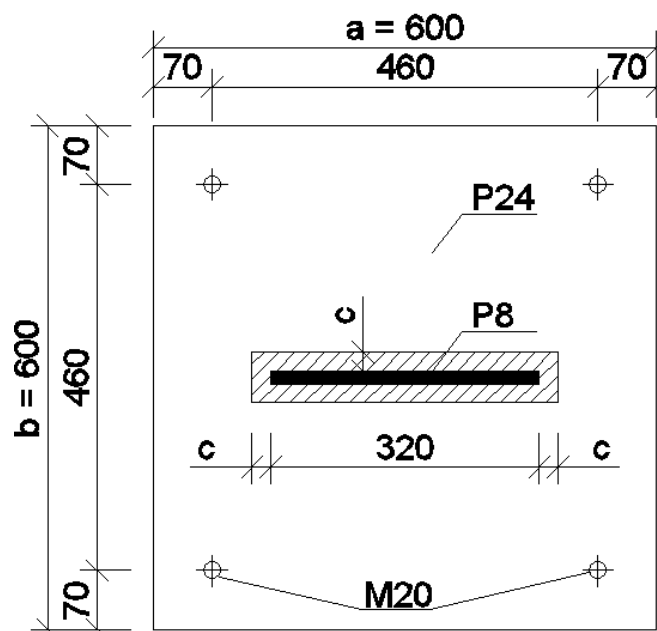
součinitel koncentrace

$$k = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1700 \cdot 1700}{600 \cdot 600}} = 2,83$$

návrhová pevnost betonu ve spáře

$$f_{jd} = \beta \cdot k \cdot f_{cd} = \frac{2}{3} \cdot 2,83 \cdot 16,67 = 31,48$$

účinná konzola patního plechu

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 24 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 31,48 \cdot 1}}$$
$$c = 37,86 \text{ mm}$$


vyšrafovaná plocha je efektivní plocha patky

Obr. 13.1 – Patní plech

| | |
|------------------------|--|
| efektivní plocha patky | $A_{ef} = (320 + 2 \cdot c) \cdot (8 + 2 \cdot c)$ $A_{ef} = (320 + 2 \cdot 37,86) \cdot (8 + 2 \cdot 37,86)$ $A_{ef} = 3,31 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$ |
| podmínka spolehlivosti | $A_{ef} \geq \frac{N_{max,tlak}}{f_{jd}}$ $3,31 \cdot 10^4 \geq \frac{950,66}{31,48}$ $3,31 \cdot 10^4 \geq 3,02 \cdot 10^4 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení kotevních šroubů

| | |
|---------------------------------|--|
| maximální tahová síla | $N_{max,tah} = 152,04 \text{ kN}$ |
| kotevní šrouby | M20 |
| počet šroubů | $n = 4$ |
| plocha jádra šroubu | $A_s = 245 \text{ mm}^2$ |
| pevnost šroubů | $f_y = 235 \text{ MPa}$ |
| součinitel bezpečnosti pro ocel | $\gamma_{M0} = 1$ |
| únosnost šroubů | $F_{r,Rd} = \frac{0,8 \cdot A_s \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,8 \cdot 245 \cdot 235}{1} = 184,24 \text{ kN}$ |
| podmínka spolehlivosti | $N_{max,tah} \leq F_{r,Rd}$ $152,04 \leq 184,24 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

Posouzení přenosu vodorovných sil

| | |
|----------------------------|---|
| maximální posouvající síla | $V_{max} = 84,65 \text{ kN}$ |
| součinitel tření | $\mu = 0,2$ |
| podmínka spolehlivosti | $\mu \cdot N_{max,tlak} \geq V_{max}$ $0,2 \cdot 950,66 \geq 84,65$ $190,13 \geq 84,65 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$ |

13.5 Posouzení spoje sloupu s patkou

Sloup bude připojen k patnímu plechu přes ocelové plechy svorníky. Tlaková síla se přenesne kontaktem, svorníky se navrhnu na maximální tahovou sílu.

Posouzení svorníků

Spoj je posouzen jako dvojstřížný ocel – dřevo, kdy ocel je jako střední prvek spoje. Jako spojovací prostředky jsou použity svorníky o průměru 16 mm.

Zatížení svorníků

maximální tahová síla $N_{max,tah} = 152,04 \text{ kN}$

Vstupní parametry výpočtu

| | |
|---------------------------------------|--|
| zatížení | krátkodobé |
| třída provozu | 1 |
| materiál spojovaného dřeva | lepené lamelové dřevo GL32 |
| součinitel spolehlivosti | $\gamma_m = 1,25$ |
| modifikační součinitel | $k_{mod} = 0,9$ |
| třída pevnosti plechu | S235 |
| pevnostní třída svorníků | 3.6 |
| tloušťka ocelové desky | $t_2 = 8 \text{ mm}$ |
| tloušťka dřeva | $t_1 = 156 \text{ mm}$ |
| mez kluzu | $f_y = 235 \text{ MPa}$ |
| pevnost svorníku | $f_{u,k} = 300 \text{ MPa}$ |
| průměr svorníku | $d = 16 \text{ mm}$ |
| charakteristická hustota dřeva | $\rho_k = 410 \text{ kgm}^{-3}$ |
| průměr otvoru v plechu | $d_0 = 18 \text{ mm}$ |
| počet svorníků v řadě | $n = 3$ |
| počet řad | 3 |
| rozteč ve směru vláken | $a_1 = 80 \text{ mm}$ |
| efektivní počet svorníků v jedné řadě | $n_{ef}^1 = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} = 3^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 16}} = 2,12 \right\}$ $n = 3$ |
| | $n_{ef}^1 = 2,12$ |
| počet svorníků celkem | $n_{ef} = 3 \cdot n_{ef}^1 = 3 \cdot 2,12 = 6,35$ |
| úhel zatížení vláken dřeva | $\alpha = 0^\circ$ |

Výpočet únosnosti spoje

plastický moment únosnosti $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 300 \cdot 16^{2,6}$

$$M_{y,Rk} = 121606 \text{ Nmm}$$

pevnost v otláčení rovnoběžně $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$

s vlákny $f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 410$

$$f_{h,k} = 28,24 \text{ Nmm}^{-2}$$

charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} \end{array} \right\} \min = \begin{Bmatrix} 70489 \\ 30294 \\ 17049 \end{Bmatrix} = 17049 \text{ N} = 17,05 \text{ kN}$$

rozhoduje mód 3: zlomí se spojovací prostředek

návrhová únosnost spoje $F_{v,Rd} = 2 \cdot n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 2 \cdot 6,35 \cdot \frac{0,9 \cdot 17,05}{1,25}$

$$F_{v,Rd} = 155,90 \text{ kN}$$

podmínka spolehlivosti

$$N_{max,tah} \leq F_{v,Rd}$$

$$152,04 \leq 155,90 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení vzdáleností od okrajů a konců

$$a_1 = 80 \text{ mm}$$

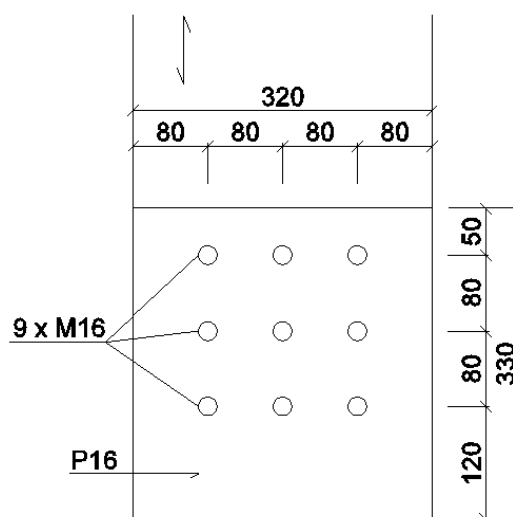
$$a_2 = 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = 120 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 80 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 80 \text{ mm}$$

Posouzení je vyjádřeno v tabulce 13.2 a na obrázku 13.2 je schéma spoje.



Obr. 13.2 – Rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců

Tab. 13.2 – Posouzení roztečí a vzdáleností od okrajů a konců.

| rozteče | úhel | minimální rozteče | α | min. rozteč | skutečná rozteč | posudek |
|-----------|--|----------------------------------|----------|----------------|--------------------|----------|
| a_1 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $(4 + l \cos \alpha)d$ | 0 | 80 | 80 | vyhovuje |
| a_2 | $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $4d$ | 0 | 64 | 80 | vyhovuje |
| $a_{3,t}$ | $-90^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $\max[7d; 80]$ | 0 | 112 | 120 | vyhovuje |
| $a_{4,t}$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $\max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d]$ | 180 | 48 | 80 | vyhovuje |
| $a_{4,c}$ | $180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $3d$ | 180 | 48 | 80 | vyhovuje |

14. Závěr

Výsledkem této práce je návrh pětipodlažního obytného domu s velkou dispoziční variabilitou. Skladby konstrukcí vyhovují požadavkům na tepelnou techniku, akustiku a požární odolnost.

Nosná konstrukce byla navržena jako těžký dřevěný skelet, jehož prvky, sloupy a nosníky, vyhovují meznímu stavu únosnosti i meznímu stavu použitelnosti. Ztužení budovy je řešeno návrhem tlačných vzpěr. Pro úsporu materiálu jsou sloupy a ztužidla odstupňovány po výšce budovy.

Konstrukce stropu je navržena ve třech variantách, v první variantě plní nosnou funkci pouze stropní nosník, ve druhé je nosník spřažen se záklopem z OSB desky a ve třetí variantě jsem počítala s dřevobetonovým stropem. Jako nejvhodnější varianta vyšla konstrukce nosníku spřažená s OSB deskou, přináší největší úsporu dřeva potřebné na nosné trámy a snadnější výrobu oproti dřevobetonovému stropu, který má větší tuhost a lepší akustické vlastnosti, je ale těžší a vyžadoval by i větší dimenzi nosníků hlavní nosné konstrukce na které je strop uložen.

Spoje jsou řešeny pomocí ocelových plechů a jako spojovací prostředky jsou použity svorníky, vruty a hřebíky.

Založení objektu je opět řešeno variantně. Vytvořila jsem návrh pro založení na základových patkách a základových pásech, přičemž při použití základových patek vyšla menší spotřeba betonu, proto by byly z ekonomického hlediska výhodnější.

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Antonínu Lokajovi, Ph.D. za pomoc a rady při tvorbě této práce.

Použitá literatura

Normy

- [1] ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
- [2] ČSN 73 0540-3: *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
- [3] ČSN 73 0540-4: *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*
- [4] ČSN 73 0532: *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky.*
- [5] ČSN 73 0802: *Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty.*
- [6] ČSN 73 0818: *Požární bezpečnost staveb. Obsazenost objektů osobami.*
- [7] ČSN EN 1991-1-1: *Zatížení konstrukcí, část 1-1: obecná zatížení.*
- [8] ČSN EN 1991-1-3: *Zatížení stavebních konstrukcí, část 1-3: obecná zatížení – zatížení sněhem*
- [9] ČSN EN 1991-1-4: *Zatížení stavebních konstrukcí, část 1-4: obecná zatížení – zatížení větrem*
- [10] ČSN EN 1995-1-1: *Navrhování dřevěných konstrukcí, část 1-1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [11] ČSN EN 1993-1-1: *Navrhování ocelových konstrukcí, část 1-1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [12] ČSN EN 1992-1-1: *Navrhování betonových konstrukcí, část 1-1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [13] ČSN 73 1001: *Základová půda pod plošnými základy*

Legislativa

- [14] Nařízení vlády: o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Č. 272/2011 Sb. 2011.

Knihy

- [15] BRADÁČOVÁ, Isabela. *Požární bezpečnost staveb: nevýrobní objekty*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, 228 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-86111-77-3.
- [16] KADLČÁK, Jaroslav a Jiří KYTÝR. *Statika stavebních konstrukcí*. Třetí dostisk druhého vyd. V Brně: VUTIUM, 2009, 431 s. ISBN 978-80-214-3428-8.
- [17] BLASS, H. J. a kol. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 1: navrhování a konstrukční materiály*. 1. vyd. Zlín: KODR Zlín, 1998, nestr. ISBN 80-238-2620-4.

- [18] BLASS, H. J. a kol. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5. STEP 2: navrhování detailů a nosných konstrukcí*. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. ISBN 80-867-6913-5.
- [19] VRANÝ, Tomáš a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 53 s. ISBN 80-010-3140-3.
- [20] KOLB, Josef. *Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 3., aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.

WEB

- [21] *Příčka dek akustik top 155* [online]. 2012 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: http://dektrade.cz/produkty/docs/sucha_vystavba/pricka_dek_akustik_top_155.pdf
- [22] *Konstrukce stěn stropů a podlah* [online]. 2013 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: <http://www.fermacell.cz/cz/docs/Konstrukce-sten-stropu-a-podlah.pdf>
- [23] *Katalog BOVA* [online]. 2009 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: http://www.bova-nail.cz/upl/ke_stazeni/100001s_Katalog_20BOVA.pdf
- [24] *Mapy on-line - Česká geologická služba* [online]. 2013 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online>
- [25] *Dřevostavby pro projektanty 2013* [online]. 2013 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: http://rigips.cz/data/USR_001_PICTURES/Drevostavby_pro_projektanty_2013.pdf
- [26] *Svět dřevostavby - dřevostavby* [online]. 2013 [cit. 2013-11-17]. Dostupné z: <http://www.svet-drevostavby.cz/>
- [27] *Německo, Porýní-Falcko* [online]. 2013 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: <http://www.iereus.wz.cz/mesta/mainz.html>
- [28] *Archiv 2009* [online]. 2009 [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: http://www.fermacell.cz/cz/content/archive_2009_1200_2018.php
- [29] *Woodcube* [online]. 2013 [cit. 2013-11-19]. Dostupné z: http://v1.world-architects.com/en/projects/40962_woodcube/all/featured
- [30] *Příčka dek akustik 100* [online]. 2012 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: http://dektrade.cz/produkty/docs/sucha_vystavba/pricka_dek_akustik_100.pdf
- [31] *Příčka dek akustik 117,5* [online]. 2012 [cit. 2013-11-25]. Dostupné z: http://dektrade.cz/produkty/docs/sucha_vystavba/predstena_dek_akustik_117_5.pdf

Přílohy

1. Výstupy z programu tepelná technika

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540
Teplo 2010

Název úlohy : **Obvodový plášť**
Zpracovatel : Bc. Kristýna Papugová
Zakázka : diplomová práce
Datum : 30.7.2013

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

| Číslo | Název | D[m] | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m3] | Mi[-] | Ma[kg/m2] |
|-------|-----------------|--------|---------|----------|-----------|----------|-----------|
| 1 | Sádrokarton | 0.0125 | 0.2200 | 1060.0 | 750.0 | 9.0 | 0.0000 |
| 2 | Uzavřená vzduch | 0.0300 | 0.2222 | 1010.0 | 1.2 | 0.3 | 0.0000 |
| 3 | Parozábrana | 0.0003 | 0.3900 | 1700.0 | 560.0 | 148275.0 | 0.0000 |
| 4 | Tepelná izolace | 0.1200 | 0.0520 | 1036.5 | 83.6 | 1.4 | 0.0000 |
| 5 | Sádrokarton | 0.0125 | 0.2200 | 1060.0 | 750.0 | 9.0 | 0.0000 |
| 6 | Lepicí tmel | 0.0010 | 0.6000 | 1010.0 | 1800.0 | 50.0 | 0.0000 |
| 7 | Tepelná izolace | 0.1400 | 0.0390 | 1010.0 | 50.0 | 1.0 | 0.0000 |
| 8 | Výztužná vrstva | 0.0030 | 0.8000 | 920.0 | 1300.0 | 18.0 | 0.0000 |
| 9 | Omítka | 0.0030 | 0.7000 | 920.0 | 1700.0 | 19.0 | 0.0000 |

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m2K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHl : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | Tai[C] | RHi[%] | Pi[Pa] | Te[C] | RHe[%] | Pe[Pa] |
|-------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1 | 31 | 21.0 | 53.9 | 1339.7 | -2.4 | 81.2 | 406.1 |
| 2 | 28 | 21.0 | 56.3 | 1399.4 | -0.7 | 80.7 | 465.0 |
| 3 | 31 | 21.0 | 56.9 | 1414.3 | 3.3 | 79.4 | 614.3 |
| 4 | 30 | 21.0 | 58.0 | 1441.6 | 8.1 | 77.3 | 834.5 |
| 5 | 31 | 21.0 | 61.2 | 1521.2 | 13.1 | 74.2 | 1118.0 |
| 6 | 30 | 21.0 | 64.3 | 1598.2 | 16.2 | 71.7 | 1319.7 |
| 7 | 31 | 21.0 | 65.8 | 1635.5 | 17.6 | 70.3 | 1414.1 |
| 8 | 31 | 21.0 | 65.4 | 1625.6 | 17.2 | 70.7 | 1386.7 |
| 9 | 30 | 21.0 | 61.7 | 1533.6 | 13.6 | 73.9 | 1150.4 |
| 10 | 31 | 21.0 | 58.3 | 1449.1 | 8.9 | 76.8 | 875.3 |
| 11 | 30 | 21.0 | 56.9 | 1414.3 | 3.8 | 79.2 | 634.8 |
| 12 | 31 | 21.0 | 56.6 | 1406.8 | -0.5 | 80.7 | 472.8 |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.
Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.45 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.178 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.20 / 0.23 / 0.28 / 0.38 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z_{pT} : 2.0E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce N_y* : 117.4
Fázový posun teplotního kmitu Psi* : 7.2 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.43 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.956

| Číslo měsíce | Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: | | | | Vypočtené hodnoty | | |
|-----------------|---|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| | ----- 80% ----- | | ----- 100% ----- | | T _{si} [C] | f _{Rsi} | RH _{si} [%] |
| | T _{si} ,m[C] | f _{Rsi} ,m | T _{si} ,m[C] | f _{Rsi} ,m | | | |
| 1 | 14.7 | 0.732 | 11.3 | 0.586 | 20.0 | 0.956 | 57.4 |
| 2 | 15.4 | 0.742 | 12.0 | 0.584 | 20.1 | 0.956 | 59.7 |
| 3 | 15.6 | 0.693 | 12.1 | 0.499 | 20.2 | 0.956 | 59.7 |
| 4 | 15.9 | 0.602 | 12.4 | 0.335 | 20.4 | 0.956 | 60.0 |
| 5 | 16.7 | 0.457 | 13.2 | 0.018 | 20.7 | 0.956 | 62.5 |
| 6 | 17.5 | 0.269 | 14.0 | ----- | 20.8 | 0.956 | 65.1 |
| 7 | 17.9 | 0.076 | 14.4 | ----- | 20.9 | 0.956 | 66.4 |
| 8 | 17.8 | 0.147 | 14.3 | ----- | 20.8 | 0.956 | 66.1 |
| 9 | 16.8 | 0.438 | 13.4 | ----- | 20.7 | 0.956 | 62.9 |
| 10 | 15.9 | 0.583 | 12.5 | 0.298 | 20.5 | 0.956 | 60.2 |
| 11 | 15.6 | 0.684 | 12.1 | 0.485 | 20.3 | 0.956 | 59.6 |
| 12 | 15.5 | 0.744 | 12.1 | 0.584 | 20.1 | 0.956 | 60.0 |

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,
T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Dífuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní: | i | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | e |
|-------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| tepl.[C]: | 19.6 | 19.3 | 18.5 | 18.5 | 5.6 | 5.3 | 5.3 | -14.7 | -14.8 | -14.8 |
| p [Pa]: | 1367 | 1363 | 1363 | 157 | 152 | 148 | 147 | 142 | 140 | 138 |
| p,sat [Pa]: | 2280 | 2236 | 2133 | 2132 | 912 | 892 | 891 | 169 | 169 | 168 |

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 6.506E-0009 kg/m²s

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení dífuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2010

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : **Střecha**
Zpracovatel : Bc. Kristýna Papugová
Zakázka : Diplomová práce
Datum : 23.9.2013

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

| Číslo | Název | D[m] | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m ³] | Mi[-] | Ma[kg/m ²] |
|-------|-----------------|--------|---------|----------|------------------------|-----------|------------------------|
| 1 | OSB deska | 0.0240 | 0.1300 | 1700.0 | 650.0 | 50.0 | 0.0000 |
| 2 | Parozábrana | 0.0001 | 0.3500 | 1470.0 | 270.0 | 3000000.0 | 0.0000 |
| 3 | Tepelná izolace | 0.2600 | 0.0390 | 840.0 | 100.0 | 1.2 | 0.0000 |
| 4 | Fólie PVC | 0.0015 | 0.1600 | 960.0 | 1300.0 | 20000.0 | 0.0000 |
| 5 | Štěrka | 0.0600 | 0.6500 | 800.0 | 1650.0 | 15.0 | 0.0000 |

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.10 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{si} : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{se} : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -15.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | T _{ai} [C] | R _{Hi} [%] | P _i [Pa] | T _e [C] | R _{He} [%] | P _e [Pa] |
|-------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 31 | 21.0 | 53.9 | 1339.7 | -2.4 | 81.2 | 406.1 |
| 2 | 28 | 21.0 | 56.3 | 1399.4 | -0.7 | 80.7 | 465.0 |
| 3 | 31 | 21.0 | 56.9 | 1414.3 | 3.3 | 79.4 | 614.3 |
| 4 | 30 | 21.0 | 58.0 | 1441.6 | 8.1 | 77.3 | 834.5 |
| 5 | 31 | 21.0 | 61.2 | 1521.2 | 13.1 | 74.2 | 1118.0 |
| 6 | 30 | 21.0 | 64.3 | 1598.2 | 16.2 | 71.7 | 1319.7 |
| 7 | 31 | 21.0 | 65.8 | 1635.5 | 17.6 | 70.3 | 1414.1 |
| 8 | 31 | 21.0 | 65.4 | 1625.6 | 17.2 | 70.7 | 1386.7 |
| 9 | 30 | 21.0 | 61.7 | 1533.6 | 13.6 | 73.9 | 1150.4 |
| 10 | 31 | 21.0 | 58.3 | 1449.1 | 8.9 | 76.8 | 875.3 |
| 11 | 30 | 21.0 | 56.9 | 1414.3 | 3.8 | 79.2 | 634.8 |
| 12 | 31 | 21.0 | 56.6 | 1406.8 | -0.5 | 80.7 | 472.8 |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.95 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.141 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 W/m²K
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.8E+0012 m/s
 Teplotní útlum konstrukce N_{y^*} : 138.8
 Fázový posun teplotního kmitu Ψ_{s^*} : 9.3 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19.76 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.965

| Číslo měsíce | Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: | | | | Vypočtené hodnoty | | |
|-----------------|---|-------------|------------------|-------------|----------------------|-----------|--------------|
| | ----- 80% ----- | | ----- 100% ----- | | | | |
| | $T_{si,m}[C]$ | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si,m}[C]$ | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si}[C]$ | f_{Rsi} | $RH_{si}[%]$ |
| 1 | 14.7 | 0.732 | 11.3 | 0.586 | 20.2 | 0.965 | 56.7 |
| 2 | 15.4 | 0.742 | 12.0 | 0.584 | 20.3 | 0.965 | 59.0 |
| 3 | 15.6 | 0.693 | 12.1 | 0.499 | 20.4 | 0.965 | 59.1 |
| 4 | 15.9 | 0.602 | 12.4 | 0.335 | 20.6 | 0.965 | 59.6 |
| 5 | 16.7 | 0.457 | 13.2 | 0.018 | 20.7 | 0.965 | 62.2 |
| 6 | 17.5 | 0.269 | 14.0 | ----- | 20.8 | 0.965 | 65.0 |
| 7 | 17.9 | 0.076 | 14.4 | ----- | 20.9 | 0.965 | 66.3 |
| 8 | 17.8 | 0.147 | 14.3 | ----- | 20.9 | 0.965 | 65.9 |
| 9 | 16.8 | 0.438 | 13.4 | ----- | 20.7 | 0.965 | 62.7 |
| 10 | 15.9 | 0.583 | 12.5 | 0.298 | 20.6 | 0.965 | 59.8 |
| 11 | 15.6 | 0.684 | 12.1 | 0.485 | 20.4 | 0.965 | 59.0 |
| 12 | 15.5 | 0.744 | 12.1 | 0.584 | 20.3 | 0.965 | 59.2 |

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,
 T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní: | i | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | e |
|-------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| tepl.[C]: | 19.8 | 18.8 | 18.8 | -14.3 | -14.3 | -14.8 |
| p [Pa]: | 1367 | 1363 | 254 | 253 | 142 | 138 |
| p,sat [Pa]: | 2302 | 2174 | 2174 | 176 | 175 | 168 |

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

| Kond.zóna číslo | Hranice kondenzační zóny levá [m] | pravá [m] | Kondenzující množství vodní páry [kg/m ² s] |
|--------------------|--------------------------------------|-----------|---|
| 1 | 0.2841 | 0.2841 | 5.480E-0010 |

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry Mc,a : 0.001 kg/m²,rok
 Množství vypařitelné vodní páry Mev,a : 0.061 kg/m²,rok
 Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 0.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2010

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540
Teplota 2010

Název úlohy : **Podlaha na terénu**
Zpracovatel : Bc. Kristýna Papugová
Zakázka : Diplomová práce
Datum : 28.10.2013

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

| Číslo | Název | D[m] | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m ³] | Mi[-] | Ma[kg/m ²] |
|-------|----------------|--------|---------|----------|------------------------|-----------|------------------------|
| 1 | Laminátová pod | 0.0070 | 0.0750 | 1630.0 | 200.0 | 12.5 | 0.0000 |
| 2 | Mirelon | 0.0030 | 0.0380 | 1350.0 | 25.0 | 2247.0 | 0.0000 |
| 3 | Fermacell | 0.0200 | 0.3200 | 1000.0 | 1250.0 | 13.0 | 0.0000 |
| 4 | OSB deska | 0.0100 | 0.1300 | 1700.0 | 650.0 | 50.0 | 0.0000 |
| 5 | Parozábrana | 0.0001 | 0.3500 | 1470.0 | 270.0 | 3000000.0 | 0.0000 |
| 6 | EPS 150 S | 0.1500 | 0.0350 | 1270.0 | 25.0 | 70.0 | 0.0000 |
| 7 | Hydroizolace | 0.0015 | 0.1500 | 1500.0 | 1200.0 | 13000.0 | 0.0000 |
| 8 | ŽB deska | 0.3000 | 1.4300 | 1020.0 | 2300.0 | 23.0 | 0.0000 |

Okrajové podmínky výpočtu :

Teplný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m²K/W
Teplný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 4.82 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.200 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.22 / 0.25 / 0.30 / 0.40 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 1.8E+0012 m/s

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.24 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.951

Pokles dotykové teploty podlahy dle ČSN 730540:

Teplná jímavost podlahové konstrukce B : 245.46 Ws/m²K

Pokles dotykové teploty podlahy DeltaT : 2.38 C

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540
Teplota 2010

Název úlohy : **Stěna mezi schodišťovým prostorem a bytem**
Zpracovatel : Bc. Kristýna Papugová
Zakázka : Diplomová práce
Datum : 17.11.2013

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

| Číslo | Název | D[m] | L[W/mK] | C[J/kgK] | Ro[kg/m ³] | Mi[-] | Ma[kg/m ²] |
|-------|-------------|--------|---------|----------|------------------------|-----------|------------------------|
| 1 | Sádrokarton | 0.0125 | 0.2200 | 1060.0 | 750.0 | 9.0 | 0.0000 |
| 2 | Parozábrana | 0.0001 | 0.3500 | 1470.0 | 170.0 | 3000000.0 | 0.0000 |
| 3 | Dekwool | 0.1000 | 0.0570 | 898.6 | 100.0 | 1.5 | 0.0000 |
| 4 | Dekwool | 0.0500 | 0.0390 | 900.0 | 75.0 | 1.5 | 0.0000 |
| 5 | Železobeton | 0.3000 | 1.7400 | 1020.0 | 2500.0 | 32.0 | 0.0000 |

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{si} : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{se} : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : 5.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} : 80.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} : 55.0 %

| Měsíc | Délka[dny] | T _{ai} [C] | R _{Hi} [%] | P _i [Pa] | T _e [C] | R _{He} [%] | P _e [Pa] |
|-------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 31 | 21.0 | 57.5 | 1429.2 | 5.0 | 80.0 | 697.5 |
| 2 | 28 | 21.0 | 57.5 | 1429.2 | 5.0 | 80.0 | 697.5 |
| 3 | 31 | 21.0 | 56.1 | 1394.4 | 5.0 | 76.0 | 662.6 |
| 4 | 30 | 21.0 | 54.0 | 1342.2 | 5.0 | 70.0 | 610.3 |
| 5 | 31 | 21.0 | 52.2 | 1297.5 | 5.0 | 65.0 | 566.7 |
| 6 | 30 | 21.0 | 50.5 | 1255.2 | 5.0 | 60.0 | 523.1 |
| 7 | 31 | 21.0 | 47.0 | 1168.2 | 5.0 | 50.0 | 435.9 |
| 8 | 31 | 21.0 | 47.0 | 1168.2 | 5.0 | 50.0 | 435.9 |
| 9 | 30 | 21.0 | 50.5 | 1255.2 | 5.0 | 60.0 | 523.1 |
| 10 | 31 | 21.0 | 52.2 | 1297.5 | 5.0 | 65.0 | 566.7 |
| 11 | 30 | 21.0 | 54.7 | 1359.6 | 5.0 | 72.0 | 627.7 |
| 12 | 31 | 21.0 | 57.5 | 1429.2 | 5.0 | 80.0 | 697.5 |

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.
Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 3.05 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.311 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.33 / 0.36 / 0.41 / 0.51 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.6E+0012 m/s
 Teplotní útlum konstrukce N_{y^*} : 194.1
 Fázový posun teplotního kmitu Ψ_{s^*} : 12.0 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19.80 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.925

| Číslo měsíce | Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu: | | | | Vypočtené hodnoty | | |
|-----------------|---|-------------|------------------|-------------|----------------------|-----------|---------------|
| | ----- 80% ----- | | ----- 100% ----- | | | | |
| | $T_{si,m}[C]$ | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si,m}[C]$ | $f_{Rsi,m}$ | $T_{si}[C]$ | f_{Rsi} | $RH_{si}[\%]$ |
| 1 | 15.7 | 0.671 | 12.3 | 0.456 | 19.8 | 0.925 | 61.9 |
| 2 | 15.7 | 0.671 | 12.3 | 0.456 | 19.8 | 0.925 | 61.9 |
| 3 | 15.3 | 0.647 | 11.9 | 0.432 | 19.8 | 0.925 | 60.4 |
| 4 | 14.8 | 0.610 | 11.3 | 0.396 | 19.8 | 0.925 | 58.1 |
| 5 | 14.2 | 0.577 | 10.8 | 0.365 | 19.8 | 0.925 | 56.2 |
| 6 | 13.7 | 0.545 | 10.3 | 0.334 | 19.8 | 0.925 | 54.4 |
| 7 | 12.6 | 0.476 | 9.3 | 0.267 | 19.8 | 0.925 | 50.6 |
| 8 | 12.6 | 0.476 | 9.3 | 0.267 | 19.8 | 0.925 | 50.6 |
| 9 | 13.7 | 0.545 | 10.3 | 0.334 | 19.8 | 0.925 | 54.4 |
| 10 | 14.2 | 0.577 | 10.8 | 0.365 | 19.8 | 0.925 | 56.2 |
| 11 | 15.0 | 0.622 | 11.5 | 0.409 | 19.8 | 0.925 | 58.9 |
| 12 | 15.7 | 0.671 | 12.3 | 0.456 | 19.8 | 0.925 | 61.9 |

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,
 T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

| rozhraní: | i | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | e |
|-------------|------|------|------|------|-----|-----|
| tepl.[C]: | 19.9 | 19.6 | 19.6 | 11.7 | 6.0 | 5.2 |
| p [Pa]: | 1367 | 1367 | 719 | 718 | 718 | 697 |
| p,sat [Pa]: | 2319 | 2282 | 2282 | 1377 | 932 | 883 |

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 4.321E-0010 kg/m2s

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

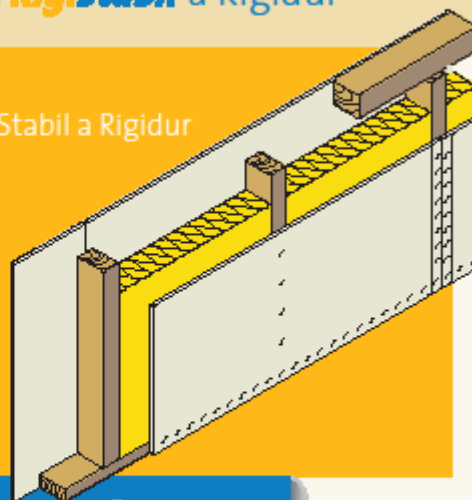
STOP, Teplo 2010

2. Technické listy použitých konstrukcí

Nosné konstrukce s deskami **RigiStabil** a Rigidur

Nosný stěnový panel s deskami RigiStabil a Rigidur

Nosný panel s deskami RigiStabil a Rigidur je možné využít pro vnitřní/vnější nosné stěny. Základní modulový prvek je tvořen obvodovým rámem s jedním středním sloupkem. Maximální šířka základního modulu je 1 250 mm. Z jednotlivých modulů je možné sestavovat stěny libovolné délky podle potřeby stavby. Stěnový panel je možno zatížit vodorovným zatížením působícím v rovině stěny. Výška stěny musí být vždy stanovena na základě statického posouzení. V tabulce č. 2 jsou uvedeny parametry konstrukcí, které byly zkoušeny dle norem EN.



Vynikající statické vlastnosti desek RigiStabil a Rigidur ji předurčují k použití v nosných stěnových konstrukcích dřevostaveb.

Nosnost

Nosnost a výška stěny závisí na rozměru a rozteči dřevěné konstrukce. Statické parametry musí být stanoveny statickým výpočtem.

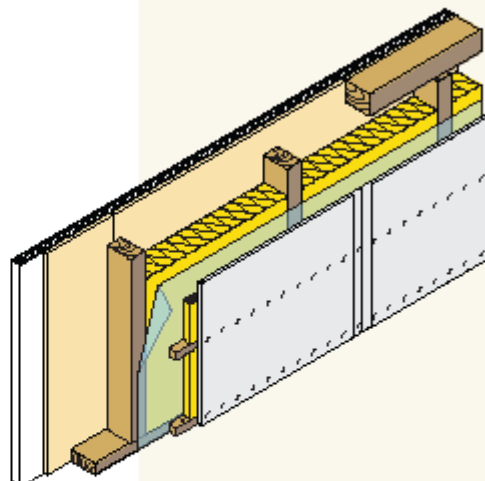
Vzduchová neprůzvučnost

Stěny z desek RigiStabil jsou těsné vůči pronikání vzduchu a větru, což je základní předpoklad pro dosažení vysokých hodnot vzduchové neprůzvučnosti. Stěna s oboustranným jednoduchým opláštěním deskami RigiStabil – $R_{w} = 40$ dB. Uváděny jsou hodnoty R_{w} – hodnoty vzduchové neprůzvučnosti změřené v laboratoři na nosné stěně s dřevěnou konstrukcí 60/100 mm, s opláštěním zevnitř deskami RigiStabil a zvenku deskami Rigidur, s vloženou minerální izolací Isover UNI nebo Isover AKU. Hodnota neprůzvučnosti panelu s kontralatěmi nebyla stanovena, jistě však bude přesahovat hodnotu panelu s opláštěním montovaným přímo na sloupek.

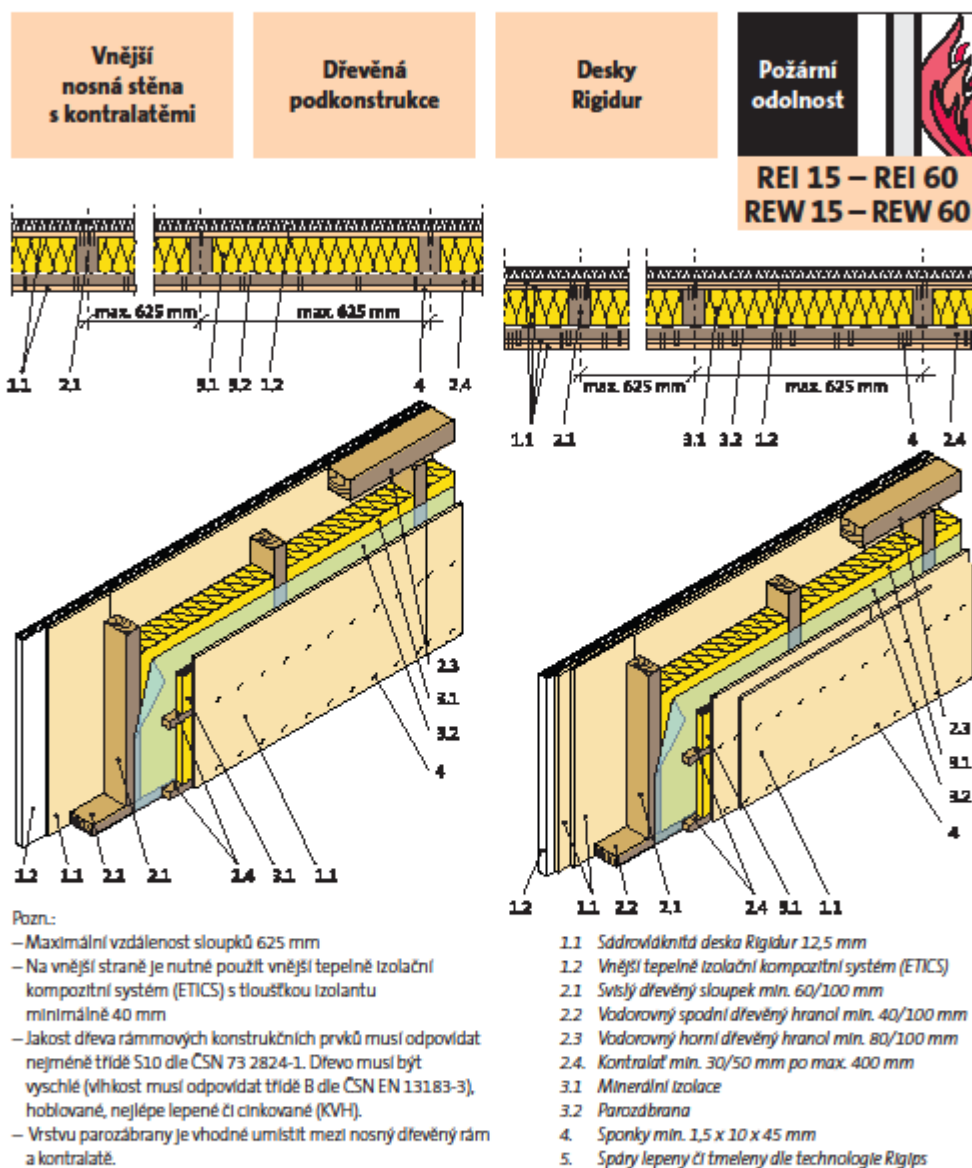
RigiStabil 12,5 – RigiStabil 12,5 – $R_{w} = 40$ dB

Rigidur 12,5 – RigiStabil 12,5 – $R_{w} = 40$ dB

Rigidur 12,5 – Rigidur 12,5 – $R_{w} = 43$ dB



Obvodová nosná stěna Rigidur na dřevěné konstrukci



| Požární odolnost | Opláštění | Tloušťka stěny vč. zatopovacího systému (mm) | Konstrukce (dřevěný sloupek) | Minerální izolace Isover Fassil | | Maximální výška stěny (mm) | Konstrukce | |
|------------------|-----------------|--|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------|---------|
| | | | | Tloušťka minim. (mm) | Objemová hmotnost (kg/m³) | | Kód | Číslo |
| REI, REW 15 DP2* | 1x Rigidur 12,5 | min. 195 | min. 60/100 | 100 | 50 | 3000 | SD12 | 3.35.05 |
| REI, REW 45 DP2* | 2x Rigidur 12,5 | min. 220 | min. 60/100 | 100 | 50 | 3000 | SD12 | 3.35.05 |
| REI, REW 60 DP3* | 1x Rigidur 12,5 | min. 165 | min. 60/100 | 100 | 50 | 3000 | SD12 | 3.35.05 |

* max. zatížení 64kN/m²

Pozn.: Klasifikace požární odolnosti: REI z obou stran, REW z vnitřní strany (jako požárně uzavřená plocha)



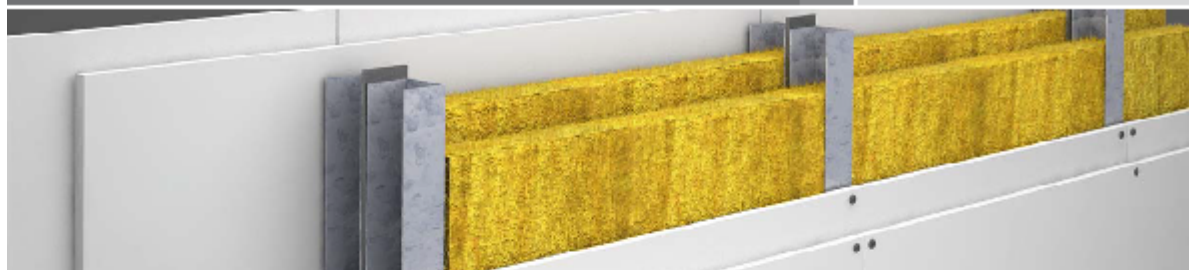
10.2 Zlepšení kročejové neprůzvučnosti dřevěných stropů 2 E 31

[illegible]

PŘÍČKA DEK AKUSTIK TOP 155

vhodná do prostor s akustickými požadavky

SUCHÁ VÝSTAVBA



MONTOVANÁ PŘÍČKA S DVOJITOU KOVOVOU KONSTRUKCÍ S VNITŘNÍ IZOLACÍ Z MINERÁLNÍ VLÁKEN, DVOJITĚ OPLÁŠTĚNÁ STAVEBNÍ SÁDROKARTONOVOU DESKOU RB (A)

| OBVYKLÉ POUŽITÍ KONSTRUKCE | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------------|-----------|
| PŘÍČKA ODDĚLUJÍCÍ CHRÁNĚNÉ OBYTNÉ MÍSTNOSTI MEZI SOUSEDNÍMI BYTY PŘÍČKA KANCELÁŘÍ A PRACOVEN SE ZVÝŠENÝMI NÁROKY NA VZDUCHOVOU NEPRŮZVUČNOST PŘÍČKA UČEBEN A VÝUKOVÝCH PROSTOR VE ŠKOLÁCH PŘÍČKA ODDĚLUJÍCÍ HOTELOVÉ POKOJE | | | | | | |
| KONSTRUKCE ŘEŠÍ | SCHEMA POUŽITÍ PŘÍČKY V RD A BD | SCHEMA KONSTRUKCE | | | | |
| VZDUCHOVOU NEPRŮZVUČNOST | | | | | | |
| POŽÁRNÍ ODOLNOST | | | | | | |
| ZVÝŠENÉ ZATÍŽENÍ VZNIKLÉ ZAVĚŠENÍM BŘEMEN | | | | | | |
| LEPENÍ OBKLADŮ | | | | | | |
| SPECIFIKACE KONSTRUKCE | | | | | | |
| POZ. | VRSTVA | TLOUŠŤKA | POPIS | | | |
| 1 | 2x Sádrokartonová deska RB (A) | 2 x 12,5 mm | sádrokartonová stavební deska ve dvou vrstvách | | | |
| 2 | 2x CW 50 2x UW 50 2x DEKWOOL | 2 x 50 2 x 50 2 x 50 mm | tepelná izolace z MW vkládaná do nosné konstrukce z CW a UW profilů | | | |
| 3 | 2x Sádrokartonová deska RB (A) | 2 x 12,5 mm | sádrokartonová stavební deska ve dvou vrstvách | | | |
| AKUSTICKÉ PARAMETRY KONSTRUKCE: | | | | | | |
| Laboratorní hodnota vzduchové neprůzvučnosti R_w | | 62 dB | | | | |
| Vážená stavební neprůzvučnost $R'_{w, \text{stb}}$ | | 56 dB | ($K_1 = -6 \text{ dB}$) viz 2. Poznámky k akustickým parametrům konstrukce | | | |
| POŽÁRNÍ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | | |
| Požární odolnost | | EI 60 | | | | |
| TEPELNĚTECHNICKÉ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | | |
| Součinitel prostupu tepla U | | 0,58 W/(m²K) | platí pro tloušťku izolace 100 mm a rozteč svislých profilů 625 mm | | | |
| ROZMĚROVÉ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | | |
| Maximální výška | | 4800 mm | pro kategorií ploch A dle ČSN EN 1991-1-1 (např. RD + BD) | | | |
| | | 4100 mm | pro kategorií ploch B, C1-C4, D dle ČSN EN 1991-1-1 (např. admin. objekty) | | | |
| Tloušťka | | 155 mm | | | | |
| ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE ZAVĚŠENÝMI BŘEMENY | | | | | | |
| | | | | | | |
| Přípustná síla (F) na kovovou hmoždinku MOLLY 8S při různých odstupech těžiště (a) | | | | | | |
| Excentricita těžiště (a) | | 50 mm | 100 mm | 150 mm | 200 mm | 300 mm |
| Maximální síla (F) na hmoždinku pro opláštění 2xRB(A) s. 2 x 12,5 mm | | 1,00 kN | 0,85 kN | 0,60 kN | 0,50 kN | – |
| Přípustné zatížení stěny na 1 bm | | | | | | |
| Excentricita těžiště (a) | | 50 mm | 100 mm | 150 mm | 200 mm | 300 mm |
| Maximální zatížení stěny pro opláštění 2x RB (A) s. 2 x 12,5 mm | | 1,10 kN/m | 1,00 kN/m | 0,95 kN/m | 0,85 kN/m | 0,70 kN/m |
| SPOTŘEBA MATERIÁLŮ | | | | | | |
| Položka | Spotřeba na m² | Položka | Spotřeba na m² | Položka | Spotřeba na m² | |
| Sádrokartonová deska RB (A) | 4,0 m² | Šrouby TN 212/25 | 8 ks | Finální tmel | 0,2 kg | |
| Profil UW | 1,6 m | Šrouby TN 212/35 | 24 ks | Hmoždinky na kotvení profilů | 3,6 ks | |
| Profil CW | 3,8 m | Spárovací tmel | 1,2 kg | Napojovací těsnění | 2,8 m | |
| DEKWOOL | 4,0 m² | Výztužná páska | 1,6 m | | | |

PŘÍČKA DEK AKUSTIK 100

VHODNÁ DO PROSTOR S AKUSTICKÝMI POŽADAVKY

SUCHÁ VÝSTAVBA

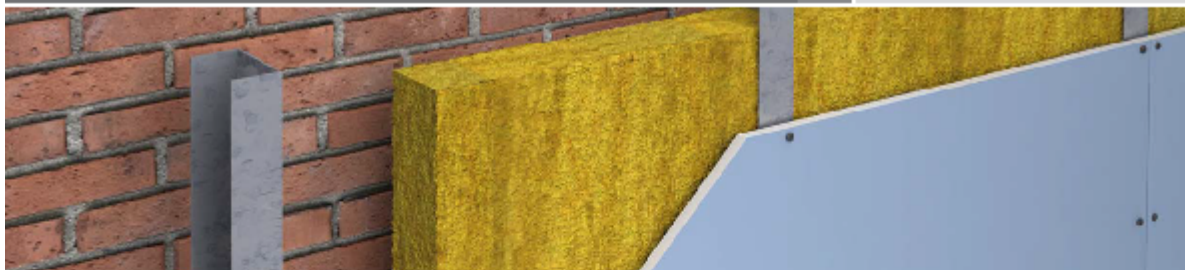
MONTOVANÁ PŘÍČKA S JEDNODUCHOU KOVOVOU KONSTRUKCÍ S VNITŘNÍ IZOLACÍ Z MINERÁLNÍCH VLÁKEN, JEDNODUŠE OPLÁŠTĚNÁ AKUSTICKOU SÁDROKARTONOVOU PROTIPOŽÁRNÍ DESKOU RIGIPS MA (DF)

| OBVYKLÉ POUŽITÍ KONSTRUKCE | | | | | | |
|--|--|----------------------------|--|--------------------|----------------|--------|
| PŘÍČKA ODDĚLUJÍCÍ CHRÁNĚNOU OBYTNOU MÍSTNOST OD OSTATNÍCH OBYTNÝCH MÍSTNOSTÍ V RÁMCI BYTU DĚLICÍ PŘÍČKA V RD A BD PŘÍČKA BĚŽNÝCH KANCELÁŘÍ ADMINISTRATIVNÍCH OBJEKTŮ | | | | | | |
| KONSTRUKCE ŘEŠÍ | SCHEMA POUŽITÍ PŘÍČKY V RD A BD | SCHEMA KONSTRUKCE | | | | |
| VZDUCHOVOU NEPRŮZVUČNOST | | | | | | |
| POŽÁRNÍ ODOLNOST | | | | | | |
| ZVÝŠENOU VZDUŠNOU VLHKOST V INTERIÉRU | | | | | | |
| SPECIFIKACE KONSTRUKCE | | | | | | |
| POZ. | VRSTVA | TLOUŠTKA | POPIS | | | |
| 1 | Rigips MA (DF) | 12,5 mm | sádkokartonová akustická protipožární deska | | | |
| 2 | CW 75 UW 75 DEKWOOL | 75 75 80 mm | tepelná izolace z MW vkládaná do nosné konstrukce z CW a UW profilů | | | |
| 3 | Rigips MA (DF) | 12,5 mm | sádkokartonová akustická protipožární deska | | | |
| AKUSTICKÉ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | | |
| Laboratorní hodnota vzduchové neprůzvučnosti R_w | 49 dB | | | | | |
| Vážená stavební neprůzvučnost $R'_{w, \text{stb}}$ | 43 dB | | $(K_p = 6 \text{ dB})$ viz 2. Poznámky k akustickým parametrům konstrukce | | | |
| POŽÁRNÍ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | | |
| Požární odolnost | EI 45 | | | | | |
| ROZMĚROVÉ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | | |
| Maximální výška | 4500 mm | | pro kategorií ploch A dle ČSN EN 1991-1-1 (např. RD + BD) | | | |
| | 3700 mm | | pro kategorií ploch B, C1-C4, D dle ČSN EN 1991-1-1 (např. admin. objekty) | | | |
| Tloušťka | 100 mm | | | | | |
| ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE ZAVĚŠENÝMI BŘEMENY | | | | | | |
| | Přípustná síla (F) na kovovou hmoždinku MOLLY 8S při různých odstupech těžiště (e) | | | | | |
| | Excentricita těžiště (e) | 50 mm | 100 mm | 150 mm | 200 mm | 300 mm |
| | Maximální síla (F) na hmoždinku pro opatření 1 x MA (DF) tl. 12,5 mm | 0,65 kN | 0,55 kN | 0,4 kN | 0,35 kN | – |
| | Přípustné zatížení stěny na 1 bm | | | | | |
| | Excentricita těžiště (e) | 50 mm | 100 mm | 150 mm | 200 mm | 300 mm |
| Maximální zatížení stěny pro opatření 1 x RB (A) tl. 12,5 mm | 0,77 kN/m | 0,7 kN/m | 0,62 kN/m | 0,55 kN/m | 0,4 kN/m | |
| SPOTŘEBA MATERIÁLU | | | | | | |
| Položka | Spotřeba na m² | Položka | Spotřeba na m² | Položka | Spotřeba na m² | |
| Rigips deska MA (DF) | 2,0 m² | DEKWOOL | 1,0 m² | Spárovací tmel | 0,6 kg | |
| Profil UW | 0,8 m | Hmoždinky na kovový profil | 1,8 ks | Výztužná páska | 1,8 m | |
| Profil CW | 1,0 m | Šrouby TN 212/25 | 24 ks | Nápojevací těsnění | 1,3 m | |

PŘEDSTĚNA DEK AKUSTIK 117,5

VHODNÁ DO PROSTOR S POŽADAVKY NA ZVÝŠENÍ VZDUCHOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI STĚN

SUCHÁ VÝSTAVBA



MONTOVANÁ VOLNĚ STOJÍCÍ PŘEDSTĚNA S KOVOVOU KONSTRUKCÍ A VNITŘNÍ IZOLACÍ Z MINERÁLNÍCH VLÁKEN. JEDNODUŠE OPLÁSTĚNÁ AKUSTICKOU PROTIPOŽÁRNÍ DESKOU MA (DF)

| OBVYKLÉ POUŽITÍ KONSTRUKCE | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------------------------|--|---|--|----------------------|-----------------------------------|
| PŘEDSTĚNA ZVÝŠUJÍCÍ VZDUCHOVOU NEPRŮZVUČNOST MEZIBYTOVÝCH A MEZIPOKOJOVÝCH STĚN PŘEDSTĚNA ZVÝŠUJÍCÍ VZDUCHOVOU NEPRŮZVUČNOST STĚN V ADMINISTRATIVNÍCH BUDOVÁCH POHLEDOVÁ SAMONOSNÁ PŘEDSTĚNA | | | | | | | |
| KONSTRUKCE ŘEŠÍ | | SCHÉMA POUŽITÍ V RD A BD | | | SCHÉMA KONSTRUKCE | | |
| VZDUCHOVOU NEPRŮZVUČNOST | | | | | | | |
| POŽÁRNÍ ODOLNOST | | | | | | | |
| POHLEDOVOST STĚNY | | | | | | | |
| NEZÁVISLOST KONSTRUKCE NA PŮVODNÍ STĚNĚ | | | | | | | |
| SPECIFIKACE KONSTRUKCE | | | | | | | |
| POZ. | VRSTVA | TLOUŠŤKA | POPIS | | | | |
| 1 | Rigips MA (DF) | 12,5 mm | sádkartonová akustická protipožární deska | | | | |
| 2 | CW 100 UW 100 DEKWOOL | 100 100 80 mm | tepelná izolace z MW vkládaná mezi konstrukci z CW a UW profilů | | | | |
| 3 | Původní stěna | – | – | | | | |
| AKUSTICKÉ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | TEPELNÉ TECHNICKÉ PARAMETRY KONSTRUKCE | | |
| Popis stěny | | Tloušťka původní stěny | Původní stěna R_w | Původní stěna s předstěnou R_w $R'_{w,pr}$ | | Původní stěna U | Původní stěna s předstěnou U |
| Stěna z plných cihel s omítkou | | 100 mm | 46 dB | 56 dB 50 dB ^{A, B} | | 2,43 W/m².K | 0,63 W/m².K |
| Stěna z plných cihel s omítkou | | 150 mm | 49 dB | 59 dB 53 dB ^{A, B, C} | | 2,15 W/m².K | 0,61 W/m².K |
| Stěna z dutinových keramických bloků Porotherm 8 P+D se stěrkou a omítkou | | 110 mm | 39 dB | 52 dB 46 dB ^{A, B} | | 1,77 W/m².K | 0,56 W/m².K |
| Stěna z dutinových keramických bloků Porotherm 11,5 P+D se stěrkou a omítkou | | 145 mm | 44 dB | 55 dB 49 dB ^{A, B} | | 1,59 W/m².K | 0,55 W/m².K |
| Stěna ze železobetonu tl. 150 mm | | 150 mm | 53 dB | 61 dB 55 dB ^{A, B, C} | | 2,81 W/m².K | 0,65 W/m².K |
| Stěna z pórobetonových (500 kg/m³) tváří tl. 80 mm omítnutá stěrkou a štukem | | 90 mm | 33 dB | 47 dB 41 dB ^A | | 1,24 W/m².K | 0,49 W/m².K |
| $R'_{w,pr} = R_w - k_p$, kde $k_p = 6$ dB (viz 2. Poznámky k akustickým parametrům konstrukce) | | | | | | | |
| A) Splní požadavek na stavební neprůzvučnost $R'_{w,pr} \geq 37$ dB B) Splní požadavek na stavební neprůzvučnost $R'_{w,pr} \geq 42$ dB C) Splní požadavek na stavební neprůzvučnost $R'_{w,pr} \geq 53$ dB | | | | | | | |
| POŽÁRNÍ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | | | |
| Požární odolnost | | EI 30 | | | | | |
| ROZMĚROVÉ PARAMETRY KONSTRUKCE | | | | | | | |
| Maximální výška | | 4000 mm | pro kategorií ploch A dle ČSN EN 1991-1-1 (např. RD + BD) | | | | |
| | | 3000 mm | pro kategorií ploch B, C1-C4, D dle ČSN EN 1991-1-1 (např. admin. objekty) | | | | |
| Tloušťka předstěny | | 117,5 mm | | | | | |
| SPOTŘEBA MATERIÁLŮ | | | | | | | |
| Položka | Spotřeba na m² | Položka | Spotřeba na m² | Položka | Spotřeba na m² | | |
| Rigips MA (DF) | 1 m² | Výztužná páska | 0,8 m | Finální šmal | 0,1 kg | | |
| Profil UW | 0,8 m | Spárovací šmal | 0,3 kg | Hmoždinky na kotvení profilů | 1,8 ks | | |
| Profil CW | 1,9 m | Nápojevací těsnění | 1,3 m | Šrouby TN 212/25 | 11 ks | | |
| DEKWOOL | 1,0 m² | | | | | | |